HISTOLOGIE

und

mikroskopische Anatomie

von

Prof. Dr. **L. Szymonowicz.**

ZWEITE AUFLAGE

unter Mitarbeit

von

Prof. Dr. **Rudolf Krause.**

Lehrbuch
der
HISTOLOGIE
und der
mikroskopischen Anatomie
mit besonderer Berücksichtigung
des menschlichen Körpers
einschliesslich der mikroskopischen Technik

von

Dr. Ladislaus Szymonowicz
o. ö. Professor der Histologie und Embryologie an der Universität Lemberg.

Zweite Auflage,
vollständig umgearbeitet und ergänzt unter Mitarbeit
von

Dr. Rudolf Krause
a. o. Professor der Anatomie an der Universität Berlin.

Mit 201 Illustrationen im Text und 125 desgleichen auf 60 teils farbigen Tafeln.

Würzburg
Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag)
1909.

Druck der kgl. Universitätsdruckerei von H. Stürtz in Würzburg.

Vorwort zur 2. Auflage.

Als gegen Ende des Jahres 1906 die Verlagsbuchhandlung mir die Mitteilung zugehen liess, dass die erste Auflage meines Lehrbuches nahezu vergriffen sei und mich gleichzeitig aufforderte, eine Neuauflage vorzubereiten, erfüllte mich das mit einer gewissen Befriedigung, die man dem Autor wohl nicht verübeln wird.

Andererseits konnte ich mir aber auch nicht verhehlen, dass die Schwierigkeiten des Unternehmens keine geringen sein würden. Eine neue Auflage musste, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollte, trachten, den Fortschritten unserer Wissenschaft gerecht zu werden und mit ihnen gleichen Schritt zu halten; es musste Veraltetes ausgeschieden, Neues berücksichtigt, die Abbildungen geprüft und vervollständigt und der gesamte Stoff gesichtet werden. Dieser Aufgabe schien meine Arbeitskraft insofern nicht mehr gewachsen, als ich mich inzwischen verpflichtet hatte, für Prof. Oppels „Handbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie" einen umfangreichen Beitrag über Nervenendigungen innerhalb einer bestimmten Frist zu liefern und diese Arbeit voraussichtlich meine ganze Zeit in Anspruch nehmen musste.

Unter diesen Umständen schätze ich mich glücklich, dass es mir gelang, in Herrn Prof. Rudolf Krause einen Mitarbeiter zu gewinnen, der mit nicht genug anzuerkennender Bereitwilligkeit meiner Einladung Folge leistete und durch seine ausgiebige und wertvolle Mitarbeit das Zustandekommen der Neuauflage ermöglichte. Es drängt mich, ihm hierfür an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Lemberg, im Juli 1908. **L. Szymonowicz.**

In der vorliegenden zweiten Auflage haben wir uns bestrebt, die wichtigsten Errungenschaften neuerer Forschung auf dem Gebiet der Histologie nach Möglichkeit zu verwerten. Es wurden zunächst sowohl in Text, als in Abbildung fast sämtliche Abschnitte revidiert und vervollständigt, einige neue Schemata (Speicheldrüsen, Pankreas, Niere) eingeführt, andere Abbildungen, die uns veraltet erschienen, durch neue ersetzt.

Die unvermeidliche Vermehrung der Bogenzahl glaubten wir dadurch einigermassen kompensieren zu können, dass wir das Literaturverzeichnis in Fortfall brachten. Einen Mangel dürfte das für unser Buch wohl nicht bedeuten, denn ein wirklich brauchbares, vollständiges Literaturverzeichnis zu geben, war bei dem zu Verfügung stehenden Raum doch unmöglich*).

Wir fühlen uns verpflichtet, an dieser Stelle mehreren Herren, die unser Werk wesentlich förderten, unseren wärmsten Dank auszusprechen. Die Bluttafel wurde nach den vorzüglichen Präparaten des Herrn Dr. M. Reichenstein und unter seiner persönlichen Leitung von Herrn stud. med. Csala überaus gewissenhaft ausgeführt. Herr cand. med. J. Rothfeld lieferte mehrere Zeichnungen und war uns bei Abfassung des Sach- und Namenregisters in hohem Grade behilflich.

Vor allem aber wollen wir an dieser Stelle das Verdienst unseres Herrn Verlegers dankend hervorheben, der jedem unserer Wünsche entsprach und kein Opfer scheute, um dem Werke die bestmöglichste Ausstattung zu verleihen.

Lemberg und Berlin, im Juli 1908.

L. Szymonowicz. **R. Krause.**

---

*) Ein ziemlich erschöpfendes Literaturverzeichnis bis zum Jahre 1901 enthält das Handbuch der Gewebelehre des Menschen von Koelliker-Ebner, 6. Aufl.

Die neuere und laufende Literatur findet der Leser im Anatomischen Anzeiger und in den Jahresberichten über Fortschritte der Anatomie und Entwickelungsgeschichte, herausgegeben von G. Schwalbe.

Inhalts-Verzeichnis.

Anhang.

Dritter Teil.

Allgemeine mikroskopische Technik.

Spezielle mikroskopische Technik.

Einleitung.

Unter Histologie versteht man die Lehre von den Geweben, welche den tierischen und pflanzlichen Körper aufbauen (ὁ ἱστός — τὸ ἵστιον = Gewebe). Jedes Gewebe aber entsteht aus Zellen im Laufe der Entwickelung und besteht im fertigen Zustande aus Zellen und Zellprodukten. Es muss deshalb die Lehre von der Zelle, die Zytologie, den Ausgangspunkt und eines der wichtigsten Kapitel einer jeden Darstellung der Histologie bilden. Die Zellen schliessen sich zusammen zu Geweben. Es wird deshalb der zweite Hauptabschnitt die Lehre von den Geweben, die Histologie im engeren Sinne, umfassen. Dadurch, dass schliesslich verschiedene Gewebe in einer für jeden Fall charakteristischen Weise sich miteinander verbinden, formieren sie Organe. Es wird so im dritten und letzten Teil zu untersuchen sein, welche Gewebe die einzelnen Organe des Körpers zusammensetzen und in welcher Weise sie miteinander verbunden sind. Diesen letzten Teil der Histologie bezeichnet man auch als mikroskopische Anatomie.

Unser Lehrbuch soll sich ausschliesslich mit der Histologie des Tierkörpers befassen und hier wieder in erster Linie den Körper des Menschen berücksichtigen. Es wird dem oben Ausgeführten entsprechend in drei Teile zerfallen: Der erste soll handeln vom Bau und den Eigenschaften der tierischen Zelle, der zweite wird sich mit den tierischen Geweben befassen und der dritte und letzte soll uns mit dem mikroskopischen Bau der verschiedenen Organe bekannt machen.

Schwann übernahm den Zellbegriff von den Botanikern, für ihn war die Zelle ohne Membran undenkbar, die letztere war das wichtigste, sie umschloss einen heterogenen Inhalt.

Im Lauf der Zeiten hat dann dieser ursprüngliche Begriff der Zelle ganz wesentliche Änderungen erfahren, die zu der Erkenntnis führten, dass die Membran ein ganz unwesentliches, sekundäres Zellorgan, der vernachlässigte Inhalt dagegen die Hauptsache der Zelle ausmacht. Schon Purkinje wies sehr bald nach dem Erscheinen der Schwannschen Abhandlung nach, dass den embryonalen Zellen eine Membran überhaupt nicht zukomme, eine Tatsache, die später durch Koelliker und Remak bestätigt wurde. Purkinje verdanken wir auch die Einführung des Ausdruckes Protoplasma in die Zytologie für die Bezeichnung der Grundsubstanz des Zellkörpers. Koelliker zuerst, dann Remak und Virchow wiesen nach, dass jede Zelle durch Teilung einer anderen entsteht — Omnis cellula e cellula. Die Reaktion gegen den Schleiden-Schwann'schen Zellbegriff, die auch von seiten der Botaniker (Cohn, de Bary) Unterstützung fand, führte dann zu seinem endgültigen Sturz durch Max Schultze. In einem kleinen Aufsatz aus dem Jahre 1861 „Über Muskelkörperchen und was man eine Zelle zu nennen habe“ definiert er die Zelle als „ein Klümpchen Protoplasma, in dessen Innern ein Kern liegt.“ Diese im wesentlichen auch heute noch gültige Definition entspricht nun, wie man sieht, dem Namen Zelle, Cellula, keineswegs, doch hat sich derselbe bei uns so eingebürgert, ist uns gleichsam so in Fleisch und Blut übergegangen, dass er wohl kaum in absehbarer Zeit durch einen passenderen Ausdruck verdrängt werden dürfte.

Die Zelle, cellula, ist die Elementareinheit des tierischen Körpers, sie ist der Träger aller Lebensfunktionen und kann deshalb auch als Lebenseinheit bezeichnet werden.

Bei den am niedrigsten organisierten Tieren, den Protozoen, wird der Körper von einer einzigen Zelle gebildet, welche hier sämtliche Lebensfunktionen übernimmt, bei den höher organisierten Tieren dagegen, den Metazoen, schliessen sich unzählbare Mengen von Zellen zur Bildung des Tierkörpers zusammen. Hier übernehmen bestimmte Gruppen von Zellen bestimmte Funktionen. Hand in Hand mit dieser Funktionsübernahme geht eine so ausgedehnte Differenzierung der Zellen, dass sich die Zellen der einzelnen Gruppen auf das auffälligste in ihrem Bau und Gefüge

voneinander unterscheiden. Diese durch die Arbeitsteilung erlangte Differenzierung der Zellen geht bei den höchststehenden Lebewesen so weit, dass die Individuen der einen Zellgruppe die Funktionen der anderen im ausgebildeten Zustand nicht mehr zu übernehmen vermögen. So finden wir die Zellen des Körpers geschieden in solche, welche nur zur Bedeckung der Oberfläche dienen, andere scheiden zwischen sich Substanzen ab, die einen hohen Grad von Festigkeit erlangen und so zur Stütze des ganzen Körpers von höchster Bedeutung sind, wieder andere bilden in ihrem Inneren kontraktile Substanz aus und ermöglichen dadurch eine Beweglichkeit des ganzen Körpers oder einzelner seiner Teile, noch andere schicken zahlreiche Ausläufer aus ihrem Zellkörper aus, die in ihrem Inneren feine Fäden ausbilden, vermöge deren Reize, die die Körperoberfläche treffen zum Körperinneren geleitet und dort in der verschiedensten Weise verarbeitet werden können. Grosse Gruppen von Zellen übernehmen die Aufgabe von aussen zutretende Nahrungskörper aufzunehmen und in der für den Gesamtorganismus geeignetsten Weise zu verarbeiten. Kurzum eine jede Zellgruppe spezifiziert sich, indem sie gewisse in ihr schlummernde Eigenschaften in weitestem Masse ausbildet. So haben wir bei den Metazoen die verschiedensten Funktionen an verschieden gebaute Zellen geknüpft, während bei den Protozoen alle so verschiedenartigen Funktionen von der einen, einzigen Zelle übernommen werden.

Als die wesentlichsten Bestandteile einer jeden Zelle müssen wir betrachten:

a) den protoplasmatischen Zellkörper,
b) den Zellkern,
c) das Zentralkörperchen.

Von diesen dreien ist der Zellkörper immer vorhanden, wenn er auch manchmal stark reduziert erscheint. Freie Kerne ohne Zellkörper finden sich nicht. Ein Zellkern findet sich ebenfalls mit geringen Ausnahmen in allen Zellen, da wo er im ausgebildeten Zustand der Zelle fehlt, war er jedenfalls in früheren Stadien der Entwickelung vorhanden und verkümmert nur im Verlauf der letzteren. Das oder die Zentralkörperchen sind durch die Forschungen der letzten Jahre als konstanter Bestandteil fast aller Zellen nachgewiesen worden.

Die Form des Zellkörpers und gleichzeitig der ganzen Zelle unterliegt grossen Schwankungen. Im allgemeinen kann man

sagen, dass sich die Zelle in ihrer Form dem ihr zugewiesenen Raum anpasst und dass ihre Grundform die der Kugel ist. Je nach ihrer Differenzierung und Funktion aber kann die Zelle zylindrisch, kegelförmig, platt, verästelt, spindelförmig und faserartig sein. Die Zellform wird auch wesentlich beeinflusst durch den physiologischen Zustand, in dem sich das sie beherbergende Organ befindet. So kann z. B. eine Zelle, welche im Verein mit vielen anderen die Innenfläche eines hohlkugelartig gebauten Organs auskleidet, bei der mit Verkleinerung des Hohlraums einhergehenden Kontraktion des Organs zylindrisch oder kegelförmig, bei Vergrösserung des Binnenraums durch Erschlaffung des Organs dagegen niedrig oder platt sein.

Noch grösseren Schwankungen unterliegt die Grösse der Zellen, von 3 μ an aufwärts bis zur Grösse eines Strausseneies, welches ja nur eine einzige Zelle ist.

Der Zellkörper besteht im wesentlichen aus dem Protoplasma. Mit diesem von Purkinje und H. von Mohl in die Biologie eingeführten Ausdruck darf man aber nicht den Begriff eines chemisch scharf definierbaren Körpers verbinden. Durch den Begriff „Protoplasma“ ist nicht eine gleichartige Substanz mit gleichen physikalisch-chemischen Eigenschaften, sondern eine Verbindung verschiedener chemischer, auf eine wirklich wunderbare Art miteinander kombinierter Körper zu verstehen, ein Stoffgemenge, welches verschiedene physikalische, chemische und biologische Eigenheiten aufweist. Die Konsistenz des Protoplasma ist als zähflüssig zu bezeichnen, es ist sehr dehnbar und fast immer farblos. In Wasser ist es unlöslich, in Essigsäure quillt es auf. Nur in den seltensten Fällen ist das Protoplasma ganz homogen, meistens weist es innerhalb einer homogenen Grundsubstanz ungleichmässig verteilte stärker lichtbrechende Körnchen (Mikrosomen) und Fädchen auf (Fig. 1). Sind die ersteren sehr zahlreich vorhanden, so verleihen sie dem Protoplasma ein körniges Aussehen.

Nicht selten kann man die Beobachtung machen, dass der Zellkörper an der Peripherie aus körnchenfreiem Protoplasma (Hyaloplasma), im Innern dagegen aus körnigem Protoplasma (Körnerplasma) besteht.

Mit diesen, dem Protoplasma selbst angehörigen, es zusammensetzenden Körnchen dürfen nicht verwechselt werden Zelleinschlüsse, die in den verschiedenen Zellen in sehr verschiedener Form, Grösse, Zahl und Zusammensetzung auftreten und die wir

in ihrer Gesamtheit als Deutoplasma (van Beneden) oder Paraplasma (Kupffer) bezeichnen. Diese deutoplasmatischen Körper sind entweder direkt von aussen aufgenommen oder sie stellen Produkte des Stoffwechsels der Zellen dar. Als die bekanntesten derartigen Körper seien hier aufgeführt Fett, Pigment, Glykogen, Stärke, Schleim und Dotter. Sie können in gewissen Zellarten und unter besonderen Umständen im Zellkörper sich so stark

Fig. 1.

Schema einer Zelle.

Das untere Segment veranschaulicht die Fadengerüstlehre, das obere die Granulatheorie, links die Schaum- oder Wabentheorie, rechts sieht man die Protoplasmafäden an das Zentrosoma inseriert. Kerngerüst besteht aus Nuklein, Linin und Lantanin.

anhäufen, dass das Protoplasma ganz in den Hintergrund tritt. Werden sie aus dem Zellkörper herausgelöst, so erscheint der letztere als ein feines Gerüstwerk, welches grössere oder kleinere, wabige Hohlräume umschliesst.

Sind die deutoplasmatischen Einschlüsse flüssig, so können sie in der Form von Vakuolen auftreten, von Protoplasma allseitig umschlossene, kugelige Hohlräume, welche sich bei der Zelltätigkeit entleeren und wieder füllen.

Eine sehr schwierige und auch heute noch nicht völlig geklärte Frage ist die nach dem *feineren Bau des Protoplasmas*, nach der *Protoplasmastruktur*. In dieser Beziehung stehen sich heute hauptsächlich drei Anschauungen ziemlich unvermittelt gegenüber: die *Fadengerüsttheorie*, die *Wabentheorie* und die *Granulatheorie* (Fig. 1).

Nach der *Fadengerüsttheorie* muss man sich das Protoplasma aufgebaut denken aus zwei chemisch und physikalisch voneinander verschiedenen Substanzen. Die erste und wichtigste derselben durchzieht den Zellkörper in Form von stark lichtbrechenden, festeren Fäden, *Filarmasse* oder *Mitom*, die andere, weniger lichtbrechende, mehr flüssig weiche Substanz liegt zwischen den Fäden, *Interfilarmasse* oder *Paramitom*. Die Fäden der Filarmasse vereinigen sich nach der Ansicht der einen zu einem den ganzen Zellkörper durchziehenden Maschenwerk (*Heitzmann*, *Fromman*, *Leydig*), so dass eine schwammige, spongiöse Struktur resultiert. Andere dagegen (*Flemming*) lassen die Fäden ohne Verbindung miteinander, meist in geschlängeltem Verlauf den Protoplasmakörper durchziehen. Wenn auch wirklich einmal sich die Fädchen mit einander hier und da verbinden, so ist das ohne Belang; jedenfalls bilden sie keine echten Netze. Die Interfilarmasse braucht durchaus nicht immer homogen zu sein, sondern es können in ihr mehr oder weniger zahlreiche Körnchen auftreten.

Nach der *Waben-* oder *Schaumtheorie* (*Bütschli*) bildet ein plasmatisches Gerüst, ähnlich wie in einem Seifenschaum oder einer Bienenwabe kleine, allseitig gegeneinander abgeschlossene Räume, welche einen flüssigen Inhalt bergen. Da wo die Wände benachbarter Waben in einem Punkte zusammenstossen, finden sich innerhalb der Wand feine Körnchen eingelagert, die *Mikrosomen*.

Während in den beiden eben erwähnten Protoplasmatheorien die wesentliche Rolle die Filarmasse resp. die Wabenwand spielt, die zwischen den Fäden oder in den Waben gelegene Masse dagegen von mehr untergeordneter Bedeutung ist, kehrt die dritte und letzte Theorie, die *Granulatheorie* (*Altmann*), diese Verhältnisse gerade um. Nach ihr finden sich in einer gallertartigen *Intergranularsubstanz* zahllose kleinste Körnchen, *Granula*; sie, nicht die Zelle, sind die letzten Elementareinheiten, sie sind die Träger des Lebens und werden deshalb auch als *Bioblasten* bezeichnet. Die Zelle ist weiter nichts als eine Kolonie solcher Bio-

blasten, in der die einzelnen Elementareinheiten, ähnlich wie in einer Zooglöa durch eine halbflüssige, gallertige Masse zusammengehalten werden.

Was die Gültigkeit und Verbreitung dieser drei Protoplasmatheorien anlangt, so dürfte die Granulatheorie heutzutage wohl die wenigsten, die Fadengerüsttheorie wohl die meisten Anhänger unter den Biologen besitzen.

Über die chemische Zusammensetzung des Protoplasmas lässt sich gegenwärtig wenig Sicheres sagen, da einmal die Chemie der Eiweisskörper noch sehr wenig geklärt ist und andererseits die Bestandteile des Protoplasmas chemisch schwer zu trennen sind. Wahrscheinlich bilden die Hauptbestandteile des Protoplasmas Nukleoalbumine und Proteide, d. h. sehr kompliziert gebaute Eiweisskörper, während die einfacher organisierten Eiweisstoffe, wie Albumin und Globulin nur in Spuren im Protoplasma vorkommen. Daneben findet sich noch überall im Zellkörper Lezithin, Cholesterin und ein Kohlehydrat, das Glykogen. Von den anorganischen Bestandteilen des Protoplasmas nimmt wohl das Kalium die erste Stelle ein, gebunden an Phosphorsäure, daneben findet sich in geringerer Menge Natrium, Kalzium, Eisen und Chlor. An Wasser enthält das Protoplasma 70—80 Prozent. Die Reaktion des lebenden Protoplasmas ist immer alkalisch.

Der zweite wesentliche Bestandteil der tierischen Zelle ist der Kern, Nukleus. Er findet sich mit ganz geringen Ausnahmen in jeder Zelle, doch ist es oft recht schwer, ihn in der lebenden Zelle zu entdecken, da er leicht durch deutoplasmatische Einlagerungen des Zellkörpers verdeckt wird oder es fällt die Erkennung des Kerns aus dem Grunde schwer, weil Kern und Protoplasma dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzen. Behandelt man in solchen Fällen das Präparat mit dünner Essigsäure, so quillt das Protoplasma auf, der Kern dagegen schrumpft und ist nun deutlich innerhalb des Zellkörpers zu erkennen.

Wenn die Kernform auch nicht so grossen Schwankungen unterworfen ist, wie die Zellform, so finden sich doch recht verschiedene, manchmal sogar recht heterogene Kernformen. In den weitaus meisten Fällen hat der Kern die Form der Kugel oder des Rotationsellipsoids mit grösseren oder kleineren Unregelmässigkeiten. Die Form des Kerns kann durch den Druck deutoplasmatischer Einlagerungen des Zellkörpers stark beeinflusst werden, so

dass aus einem kugelförmigen Kern durch Abplattung ein scheiben- oder napfförmiger Kern wird. In spindelförmigen Zellen erscheint der Kern nicht selten stark in die Länge gezogen, walzenförmig. In selteneren Fällen ist der Kern ringförmig, hufeisenförmig, verästelt, gelappt oder nimmt die Form einer vielfach durchbrochenen Kugelschale an.

Die Grösse des Kernes steht meistens in einem gewissen Verhältnis zur Grösse des Zellkörpers, so dass man im allgemeinen sagen kann, dass grosse Zellen auch grössere Kerne besitzen als kleine Zellen; doch finden sich von diesem Gesetz vielfach Abweichungen. Durch relativ grosse Kerne zeichnen sich gewisse Nervenzellen, manche Elemente des Blutes und die Eizellen aus.

Die Lage des Kernes innerhalb der Zelle ist durchaus nicht konstant, in kugeligen Zellen kann er zentrisch oder exzentrisch gelegen, in zylindrischen Zellen mehr der Basis oder mehr der freien Oberfläche genähert sein. In ein und derselben Zelle kann der Kern auch unter verschiedenen physiologischen Zuständen seine Lage wechseln.

In den meisten Fällen finden wir in jeder Zelle auch nur einen Kern, in manchen Zellen z. B. denen der Leber finden sich aber sehr häufig zwei Kerne, ja es gibt sogar unter normalen und noch mehr unter pathologischen Umständen Zellen, die viele, bis über 100 Kern enthalten (Riesenzellen des Knochenmarks). Solche vielkernige Zellen bezeichnet man auch als Synzytien.

Der Zellkern ist ein sowohl morphologisch als chemisch sehr kompliziert gebautes Gebilde, wir können in den höchst entwickelten Kernen mindestens 6 morphologisch und teilweise auch chemisch voneinander trennbare Proteide unterscheiden:

1. Chromatin
2. Pyrenin
3. Linin
4. Lanthanin
5. Kernsaft
6. Amphipyrenin.

1. Das Chromatin ist kein einheitlicher chemischer Körper, sondern wahrscheinlich ein Gemenge von einem Nukleoproteid, dem Nuklein und der Nukleinsäure. Das Nuklein des Chromatins ist im Gegensatz zu den Nukleoproteiden des Protoplasmas reich an Phosphorsäure und hat einen ausgesprochen sauren Charakter. Es enthält Eisen und liefert beim Kochen mit ver-

dünnten Säuren die sog. Nuklein- oder Xanthinbasen (Xanthin, Guanin, Hypoxanthin und Adenin). Das Chromatin hat eine grosse Anziehungskraft für basische Farbstoffe[1]). Färbt man die Kerne in einer Farblösung, welche basische und saure Farbstoffe nebeneinander enthält, so wird das Chromatin immer den basischen Farbstoff anziehen und sich mit ihm färben. Die Anziehungskraft des Chromatins für basische Farbstoffe wächst mit seinem Gehalt an Nukleinsäure.

Das Chromatin tritt im Kerninneren in Form von kleinen Körnchen, Bröckchen, Krümchen und Fäden auf, die sich zu einem Chromatingerüst miteinander verbinden können.

2. Das Pyrenin enthält als Hauptbestandteil das Paranuklein, das sich von dem Nuklein durch geringeren Phosphorgehalt und dadurch unterscheidet, dass es beim Kochen mit verdünnten Säuren keine Xanthinbasen liefert. Während das Chromatin durch dünne Alkalien gelöst wird, zeigt sich das Pyrenin widerstandsfähiger gegen dieselben. Färbt man die Kerne mit einer Mischung von sauren und basischen Farbstoffen, so nimmt das Pyrenin im Gegensatz zu dem Chromatin den saueren Farbstoff auf, wählt man z. B. einen blauen, basischen und einen roten saueren Farbstoff, so erhält man blaugefärbtes Chromatin und rotgefärbtes Pyrenin, so dass man diese beiden Kernbestandteile leicht voneinander unterscheiden kann.

Das Pyrenin tritt im Kerninneren in Form von einem oder mehreren, häufig regelmässig kugeligen Körperchen auf, die als die Kernkörperchen oder Nukleolen bezeichnet werden.

3. Das Linin oder Plastin ist eine Modifikation des Nukleins, die sich dadurch auszeichnet, dass sie gegen verdünnte Alkalien ausserordentlich resistent ist und im Kern übrig bleibt, wenn er z. B. mit verdünnter Sodalösung behandelt wird. Es widersteht den meisten Färbemitteln und wird deshalb als die achromatische Substanz des Kernes bezeichnet.

---

[1]) Unter basischen Farbstoffen verstehen wir solche, welche als färbendes Prinzip eine Farbbase enthalten. Ein solcher Farbstoff ist z. B. das basische Fuchsin (Magentarot). Es ist das salzsaure oder essigsaure Salz des Rosanilins. Das letztere, also die Base, verleiht dem Farbstoff seine färberischen Eigenschaften, die Säure ist dabei nebensächlich. Deshalb haben wir hier einen basischen Farbstoff. Fuchsin S, Säurefuchsin ist ein saurer Farbstoff, es ist das Kalium-, Narium- oder Ammoniumsalz der Rosanilintrisulfosäure, sie verleiht dem Farbstoff seine Eigenschaften, die Base ist dabei nebensächlich.

Das Linin bildet ähnlich, wie das Chromatin im Kerninneren ein Gerüstwerk, das Liningerüst. Linin- und Chromatingerüst sind innig miteinander vermischt, sie bilden zusammen das Kerngerüst.

4. Das Lanthanin ist chemisch nicht näher bekannt, es findet sich in Form von feinen Körnchen innerhalb des Kernsaftes und in die Lininfäden eingelassen. Es ist wie das Pyrenin azidophil d. h. es nimmt aus einem Farbgemisch den saueren Farbstoff auf.

5. Der Kernsaft füllt alle Lücken und Maschen des Kerngerüstes aus.

6. Das Amphipyrenin nähert sich in seinem chemischen Verhalten wohl am meisten dem Pyrenin. Es bildet eine den Kern gegen den Zellkörper abschliessende Membran, die achromatische Kernmembran. Ihr liegt nach innen zu eine zweite, aus Chromatin bestehende vielfach durchbrochene, lückenhafte Membran auf, die chromatische Kernmembran.

Fassen wir das eben Ausgeführte kurz zusammen, so können wir vom Zellkern folgendes Bauschema entwerfen (Fig. 1). Der Kern ist ein inmitten des Zellkörpers gelegenes, meist kugeliges oder ovoides Gebilde, das sich nach aussen, gegen das Protoplasma zu durch eine dünne, achromatische, aus Amphipyrenin bestehende Membran abgrenzt. Ihr liegt nach innen eine zweite, unvollständige, chromatische Membran auf, die sich aus Schollen, Körnern und verbindenden Bälkchen von Chromatin aufbaut. Von der solchergestalt aus achromatischen und chromatischen Bestandteilen zusammengesetzten, gemeinsamen Kernmembran aus geht nun ein das ganze Kerninnere durchsetzendes Gerüstwerk aus, das sich ebenfalls wieder aus chromatischen (Chromatin und Lanthanin) und achromatischen (Linin) Elementen aufbaut. Die Knotenpunkte dieses Gerüstwerkes sind meist durch Einlagerung gröberer Chromatinkörner und -schollen verdickt. Innerhalb eines dieser Knotenpunkte findet sich dann in den meisten Kernen ein rundes, aus Pyrenin bestehendes Körperchen, das Kernkörperchen oder Nucleolus. Nicht selten aber ist das Kernkörperchen auch doppelt oder mehrfach vorhanden. Die Maschenräume, welche das Kerngerüst umschliesst, werden ausgefüllt von dem Kernsaft.

Von diesem Schema gibt es jedoch ausserordentlich mannigfache Abweichungen, die so weit führen können, dass der Kern nur noch einen kompakten, undifferenzierten Chromatinkörper darstellt (Köpfe der Spermien). In anderen Fällen sondert sich

das Chromatin in zwei oder drei den Kernraum durchziehende Scheiben, resp. Kugelsegmente, zwischen denen nur schmale Schichten achromatischer Substanz liegen (Kern der Stäbchensehzellen der Netzhaut). Das andere Extrem wird dargestellt von den grossen, bläschenförmigen Kernen vieler Nervenzellen, die ihrer Hauptmasse nach aus Kernsaft bestehen, neben dem die chromatischen Bestandteile stark in den Hintergrund treten.

Als dritter wichtiger Zellbestandteil wären dann noch die Zentralkörperchen oder die Zentriolen zu betrachten (Fig. 1, 2). Durch die Untersuchungen der letzten Jahre ist mit einiger Sicherheit nachgewiesen, dass sich solche Körper wohl in allen Zellen finden, wenn ihr Nachweis auch häufig mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist. Die Zentralkörper liegen meist in Form von zwei eng zusammengelagerten, ausserordentlich kleinen Körnchen oder kurzen Stäbchen in der nächsten Nähe des Kernes. Nicht selten zeigt der Kern an einer Stelle seiner Oberfläche eine Einbuchtung, in welcher dann die beiden Körperchen gelegen sind. In anderen Fällen entfernen sich die Zentriolen weit vom Kern und rücken bis an die Oberfläche des Zellkörpers.

Fig. 2.

Leukozyt aus der Milz von Proteus.
Nach Siedlecki.

Sehr starke Vergrösserung. Die Protoplasmastrahlen an das Zentrosoma inseriert. Das Zentrosoma enthält zwei Zentralkörperchen. Das Kerngerüst ist gut zu sehen.

In manchen Zellen (Pigmentzellen, Riesenzellen) können sich die Zentriolen auch in grosser Zahl finden, so zählte Heidenhain in den Riesenzellen des Knochenmarks 40—50 Zentriolen und Zimmermann beschrieb in den Pigmentzellen Zentriolen in grosser Zahl, die in ihrer Gesamtheit die Form eines langen Stabes bilden.

Häufig, jedoch durchaus nicht immer, liegen die Zentralkörperchen inmitten eines vom Zellkörper sich scharf abhebenden, hellen Hofes, den wir als Zentrosoma bezeichnen. Dieses Zentro-

soma bildet unter Umständen den Mittelpunkt eines sonnenartigen Körpers, der Zentrosphäre. Es gehen nämlich von dem Zentrosoma radiäre Protoplasmastrahlen in grosser Zahl aus, die sich bald im Zellkörper verlieren (Fig. 2). Diesen strahlenförmig angeordneten Teil des Zellkörpers bezeichnet man zum Unterschied von dem übrigen Protoplasma auch als Archoplasma. Solche Zentrosphären finden sich in Leukozyten, Pigmentzellen, manchen Epithelzellen, vor allem aber in den Eizellen während und nach der Befruchtung und in den durch Teilung der befruchteten Eizelle entstehenden Blastomeren (Furchungszellen).

Zu diesen drei wichtigen und immer vorhandenen Bestandteilen der tierischen Zelle kommen dann noch einige andere akzessorische, die nur unter bestimmten Verhältnissen auftreten. Da wäre zunächst zu erwähnen die Zellhaut oder Zellmembran. Eine solche, von dem übrigen Zellkörper differente Membran kommt nur in den seltensten Fällen zur Ausbildung und wir müssen deshalb die tierische Zelle im allgemeinen als nackt bezeichnen. Allerdings nimmt die Aussenschicht des Zellkörpers meist eine etwas festere Konsistenz, ein etwas dichteres Gefüge an, als die mehr zentral gelegenen Partien und wir können deshalb von einem die Zelle nach aussen abgrenzenden Ektoplasma sprechen. Tritt eine solche äussere Grenzschicht stärker hervor, ohne dass sie sich gegen den übrigen Zellkörper scharf absetzt, so dass sie ähnlich wie die Brotkruste allmählich in die Brotkrumme übergeht, so können wir sie mit F. E. Schulze als Crusta bezeichnen. Setzt sie sich dagegen auch nach innen scharf ab, so haben wir eine echte Zellmembran, eine Pellicula vor uns. Bei Zellen, welche sich zu einem Epithel so zusammenfügen, dass nur ein Teil der Oberfläche frei ist, kann dieser Teil mit einer Membran bedeckt sein, die wir dann als Cuticula bezeichnen.

Als weiterer akzessorischer Bestandteil der Zelle möge noch der sog. Nebenkern, paranukleärer Körper Erwähnung finden. In gewissen Drüsenzellen, ferner in den männlichen und weiblichen Geschlechtszellen finden sich dem Kern oft dicht angeschmiegt verschieden gestaltete Körper, welche sich aus Körnchen und verbindenden Fäden zusammensetzen, Mitochondrien (Benda), und ihre Form während der sekretorischen Tätigkeit der Zelle und im Verlauf der Entwickelung der Geschlechtszelle ändern.

Somit hätten wir die wichtigsten Bestandteile der Zelle kennen gelernt und wollen uns nun zu einer kurzen Betrachtung ihrer

wichtigsten Lebensäusserungen wenden, soweit sie mittelst der mikroskopischen Untersuchung wahrzunehmen sind. Wer sich näher und eingehender über dieses wichtige und interessante Kapitel der Biologie informieren will, dem sei das Studium der Werke von Hertwig, Verworn, Bergh und Gurwitsch empfohlen.

Alle Lebensäusserungen der tierischen Zelle lassen sich zurückführen auf vier Grundeigenschaften:

1. die der Bewegung,
2. die der Reizbarkeit,
3. die Fähigkeit der Assimilation und Absonderung (Stoffwechsel),
4. die Fähigkeit der Fortpflanzung.

Fig. 3.

Lymphkörperchen des Frosches auf dem heizbaren Objekttisch untersucht.
Die Umrisse der Zelle sind jede zwei Minuten skizziert. Eine Vakuole ist zu sehen.
Ca. 1500 mal vergrössert.

1. Die Bewegungsvorgänge, welche sich in und an dem Zellkörper abspielen, scheinen ausschliesslich von dem Protoplasma auszugehen, denn wir können sie auch noch an Teilen des Zellkörpers beobachten, die durch mechanische Eingriffe vom Kern getrennt wurden. Von den verschiedenen Arten der Bewegung können wir vier unterscheiden:

a) die amöboide Bewegung; sie beruht darauf, dass der Zellkörper Fortsätze (Pseudopodien) aussendet, welche an der Unterlage festhaften und dann den übrigen Zellkörper nach sich ziehen, so dass daraus eine Ortsveränderung des ganzen Organismus resultiert. Beobachtet man eine solche Zelle unter dem Mikroskop längere Zeit, so gewahrt man einen beständigen Wechsel der Form, indem Pseudopodien an der einen Stelle ausgeschickt, an der an-

deren Stelle eingezogen werden. Die Bewegung erfolgt allerdings meist so langsam, dass schon einige Geduld zu ihrer Beobachtung gehört. Am einfachsten kann man die Gestaltsveränderung feststellen, wenn man die Zellform in verschiedenen Zeitintervallen skizziert (Fig. 3).

Die amöboide Bewegung dient einmal zur Fortbewegung; im allgemeinen ziemlich langsam, kann dieselbe bei gewissen einzelligen Organismen doch so rasch erfolgen, dass das Tier binnen weniger Minuten aus dem Gesichtsfeld des Mikroskops verschwindet. Zweitens aber dient die amöboide Bewegung auch der Nahrungsaufnahme. Die ausgestreckten Pseudopodien umfliessen kleine Nahrungskörper und lassen sie in das Zellinnere gleiten. Wir finden die amöboide Bewegung in ihrer ausgeprägtesten Form bei der niedersten Klasse der Protozoen, den Rhizopoden, zu deren schalenlosen, nackten Formen die Amöben gehören. Aber auch bei Säugetieren und beim Menschen bieten uns manche Zellen die Erscheinung dieser Bewegung, vor allem gilt dies von den frei in der Blutflüssigkeit schwimmenden, weissen Blutkörperchen, die vermittelst ihrer Bewegung die Gefässwand durchsetzen und in das umgebende Gewebe einwandern können.

b) Die Flimmerbewegung spielt sich an besonderen, aus dem Zellkörper hervorragenden Flimmern oder Geisseln ab. Ist eine derartige Zelle von Natur frei (Infusorien) oder künstlich isoliert, so werden die schlagenden Flimmern oder Geisseln eine Fortbewegung der Zelle ermöglichen. In dem Kapitel „Epithelgewebe“ werden wir uns näher mit dieser Bewegungsform zu beschäftigen haben.

c) Die dritte Art der Bewegung, die Muskelkontraktion ist geknüpft an besondere Zellen, Muskelzellen, auf deren Besprechung hier verwiesen sei.

d) Innerhalb des Zellkörpers finden wir dann noch zwei verschiedene Bewegungsformen, die sich am Protoplasma abspielen und uns hauptsächlich durch die Verschiebung, das Strömen deutoplasmatischer Körnchen zur Anschauung gebracht werden. Wir unterscheiden in dieser Beziehung Zirkulation und Rotation. Beide Bewegungen finden sich hauptsächlich an Pflanzenzellen. Ein ausgezeichnetes Objekt bilden die Zellen, welche die Staubfäden- und Blattscheidenhaare von Tradescantia virginica zusammensetzen. In ihnen findet sich das Protoplasma einmal als kontinuierlicher Belag an der Innenfläche der Zellmembran. Dann

aber wird das Zellinnere von feineren und gröberen von jenem ausgehenden Protoplasmasträngen durchzogen, innerhalb deren auch der Kern liegt. Beobachtet man diese Zellen nun unter stärkerer Vergrösserung, so erkennt man ein fortwährendes Strömen innerhalb der Protoplasmastränge und des protoplasmatischen Wandbelags, meist nur in derselben Richtung (Zirkulation). Manchmal aber laufen auch zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung nebeneinander. Durch diese Protoplasmaströmung kommt es auch zu Ortsveränderungen des Kernes. Rotation erkennt man sehr leicht in den Zellen von Valisneria spiralis und Elodea canadensis. Hier liegt das Protoplasma als kontinuierliche Schicht der Zellmembran auf und schliesst die grünen Chlorophyllkörner ein. Man beobachtet nun, am besten nach Verletzung des Blattes, wie die Chlorophyllkörner fortwährend in gleichmässigem Strom in derselben Richtung an der Innenfläche der Zellmembran entlang gleiten und rollen.

Ausser diesen aktiven Bewegungen findet man im Zellkörper aber auch noch gewisse Bewegungsformen, die mit der Lebenstätigkeit der Zelle nichts zu tun haben. Werden sehr kleine Partikelchen innerhalb einer Flüssigkeitsschicht suspendiert, so führen sie unbedeutende, zitternde Bewegungen aus, infolge der kleinen Stösse, welche die in fortwährender Bewegung sich befindenden Flüssigkeitsmoleküle auf die Körnchen ausüben. Solche passive Bewegung, die wir als die Brown'sche Molekularbewegung bezeichnen, treffen wir an kleinen Körnchen in abgestorbenen, aber auch in lebenden Zellen, z. B. in Speichelkörperchen.

Was die Bewegungsfähigkeit des Kernes anlangt, so können wir mit Sicherheit sagen, dass derselbe selbständige Bewegungen nicht auszuführen vermag. Er kann jedoch, wie schon früher ausgeführt wurde, indessen auf äusseren oder inneren, vom Zellkörper selbst herstammendem Druck seine Form und seine Lage in ziemlich weiten Grenzen ändern.

2. Unter Reizbarkeit oder Irritabilität verstehen wir die Fähigkeit der Zelle, auf Reize, die sie von aussen treffen, zu antworten, zu reagieren. Solche Reize können verschiedener Natur sein. So unterscheiden wir mechanische, chemische, thermische, elektrische Reize und Lichtreize. Auf solche Reize antwortet die Zelle entweder durch eine Erregung d. h. eine Steigerung ihrer Lebenserscheinungen oder durch eine Lähmung d. h. eine Herabsetzung, Verminderung jener Erscheinungen. Das erstere wird im allgemeinen bei schwächeren, kurz

andauernden, das letztere bei sehr starken Reizen und langer Dauer derselben eintreten. Überschreitet die Intensität des Reizes eine bestimmte Höhe, so erfolgt der Tod der Zelle d. h. das Aufhören sämtlicher Lebenserscheinungen.

Werden einzellige Organismen und freibewegliche Zellen höherer Organismen, z. B. Samenfäden, von bestimmten Reizen einseitig getroffen, so antworten sie in der Weise, dass sie sich entweder der Reizquelle nähern oder sich von ihr entfernen. Tritt diese Erscheinung unter dem Einfluss von chemischen Reizen auf, so sprechen wir von einer Chemotaxis (Chemotropismus) und unterscheiden zwischen einer positiven Chemotaxis, wenn eine Annäherung an die Reizquelle und einer negativen Chemotaxis, wenn eine Entfernung von der Reizquelle erfolgt.

Körper sehr verschiedener Zusammensetzung können die gleichen Erscheinungen auslösen an den Zellen: so antworten Flimmerzellen oder Muskelzellen sowohl auf Säuren, als auch auf Alkalien, als auch auf Salze durch erhöhte Tätigkeit. Andere Stoffe dagegen, die wir als Narkotika oder Anästhetika bezeichnen, wirken exquisit lähmend, wie Chloroform, Äther, Chloralhydrat, Curare, Morphium und viele andere. Unter den mechanischen Reizen spielt die grösste Rolle die Erhöhung des Druckes, auf welche die Zellen in den verschiedensten Weisen antworten, meistens im Sinne der Erregung. Erhöhung der Temperatur wirkt allgemein als Erregung, aber nur bis zu einem gewissen Punkte, dann tritt Starre ein. Erniedrigung der Temperatur wirkt lähmend, mit dem Sinken der Temperatur sinkt auch die Intensität der Lebensprozesse. Die Fähigkeit auf Lichtreize zu reagieren kommt bei den höheren Tieren nur den Zellen bestimmter Sinnesorgane zu. Der elektrische Strom stellt in seiner Wirkung die bei weitem am besten gekannte Reizquelle dar, er ist das Reizmittel par excellence der Physiologen. Jede Steigerung der Intensität des verwandten Stromes wirkt auf die Zellen reizend, sie antworten auf dieselben in der allerverschiedensten Weise. Bei der Reizung eines Nerven mit dem konstanten Strom geht beim Schliessen der Reiz von der Kathode aus, beim Öffnen von der Anode. Dieses Gesetz der polaren Erregung (Pflüger) hat aber nicht für alle anderen Zellen Gültigkeit.

3. Unter Stoffwechsel verstehen wir die Fähigkeit der Zelle Nahrungsstoffe, die ihr von aussen her geboten werden, aufzunehmen, in bestimmter Weise zu verarbeiten und für ihren eigenen

Aufbau zu verwenden oder an andere Zellen weiter zu geben. Be dieser Tätigkeit werden von der Zelle Stoffe gebildet, welche für sie selbst schädlich sind und deshalb aus dem Organismus entfernt werden.

4. Die Fortpflanzung der Zelle. Obgleich die Fortpflanzung der pflanzlichen Zelle durch Teilung schon vor Schwann, dem Entdecker der tierischen Zelle annähernd richtig beobachtet und beschrieben worden war (Dumortier, von Mohl), so hatte jener doch noch eine ganz falsche Vorstellung von ihr. Er liess die jungen Zellen im Innern und zwischen den Zellen aus einem formlosen Keimstoff dem sog. Zytoblastem sich entwickeln. Erst durch die Arbeiten von Koelliker, Remak und Anderen wurde dann die Tatsache unumstösslich festgestellt, dass eine Zelle sich nur so vermehren kann, dass sich zunächst der Kern und dann der Zellkörper teilt und dass jede der beiden Tochterzellen die Hälfte der Kern- und die Hälfte der Zellensubstanz mitbekommt. Diese Lehre hat Virchow in dem Satze zusammengefasst: Omnis cellula e cellula, der seine Ergänzung finden muss in der zweiten These: Omnis nucleus e nucleo (Flemming).

Spätere Untersuchungen haben uns dann gezeigt, dass sich die tierische Zelle auf zwei verschiedene Arten teilen kann, auf dem Wege der direkten Teilung (Amitose) oder auf dem Wege der indirekten Teilung (Mitose). Der Unterschied zwischen den beiden Teilungsformen beruht hauptsächlich auf dem verschiedenen Verhalten des Kerns.

a) Direkte Teilung (Amitose).

Die direkte Zellteilung besteht darin, dass der Kern ohne wichtige, nachweisbare innere Veränderungen in zwei Teilstücke zerfällt. Dieser Vorgang kann sich so abspielen, dass der Kern zunächst hantelförmig wird und sich dann immer verlängert, bis der die beiden Kernstücke verbindende Faden durchreisst oder es bildet sich an einer Stelle der Kernoberfläche ein kleiner Buckel, der immer grösser wird und sich schliesslich vom Mutterkern abschnürt. Gar nicht selten kommt es bei dieser Kernzerschnürung zur Entstehung mehrerer Kerne, der Kern fragmentiert sich. Die einzelnen Fragmente können auch noch längere Zeit miteinander durch gröbere oder dünnere Kernfäden in Verbindung stehen, so dass es zur Bildung hantelförmiger, gelappter, rosenkranzförmiger Kerne kommt.

Der direkten Kernteilung kann sofort die Teilung des Zellkörpers nachfolgen, indem sich einfach der letztere entsprechend der Kernzerschnürung oder -fragmentierung durchschnürt, so dass wir nun zwei oder mehr Zellen mit je einem Kern haben. Vielfach aber folgt der Kernteilung keine Zellteilung und es entstehen auf diese Weise mehrkernige Zellen. Durch fortgesetzte Kernfragmentierung ohne nachfolgende Zellkörperteilung kommt es so unter Umständen zur Entwickelung grosser Zellkörper, die in ihrem Inneren zahlreiche, in der verschiedensten Weise gruppierte, teilweise noch miteinander zusammenhängende Kerne enthalten (Riesenzellen).

Die direkte Zellteilung spielt im grossen und ganzen der indirekten gegenüber nur eine sehr untergeordnete Rolle. Bei höheren Tieren und beim Menschen spielt sie sich hauptsächlich an gewissen Elementen des Blutes und der Lymphe und dann an den Leberzellen ab. Bei letzteren entstehen die zwei- und mehrkernigen Formen wohl fast alle auf dem Wege der Kernzerschnürung ohne nachfolgende Zellkörperteilung. Manche Gründe sprechen dafür, dass die Amitose einen degenerativen Prozess darstellt, der im wesentlichen an absterbenden Zellen auftritt.

b) Indirekte Teilung (Mitose).

Die indirekte Zellteilung, die weitaus wichtigste Vermehrungsform der tierischen Zelle stellt einen ungleich komplizierteren Prozess dar, als die direkte Zellteilung. Auch hier kommt es zuerst zur Kernteilung (Karyokinese), dann zur Zellteilung. Die Karyokinese bezweckt eine genaue Halbierung des im Kerne vorhandenen Chromatins und gleichmässige Verteilung desselben auf die beiden neuen Kerne. Zu diesem Zwecke zerfällt das Chromatin des Kerns in mehrere gleich grosse Segmente, die Chromosomen. Dieselben haben bei höheren Tieren und beim Menschen gewöhnlich die Gestalt von Schleifen, können aber bei niederen Tieren sehr abweichende Formen annehmen, wie kurze Stäbchen, Kügelchen etc. Ihre Zahl ist für die Zellen verschiedener Tiergattungen verschieden (2 bis über 100), für jede einzelne Gattung aber konstant und charakteristisch. Der Mensch hat wahrscheinlich 24 Chromosomen, ebenso wie die Maus, der Frosch, der Salamander; der Pferdespulwurm (Ascaris megalocephala bivalens) dagegen nur 4.

Der ganze Prozess der Mitose zerfällt in vier Stadien:

1. Prophase,
2. Metaphase,
3. Anaphase,
4. Telophase.

In dem Folgenden sollen diese einzelnen Stadien kurz besprochen werden:

Fig. 4.

Kernteilungsbilder in den Epithelzellen der Hornhaut der Froschlarve.

Vergrösserung ca. 1400 mal. — Nur der chromatische Teil berücksichtigt.

a) Epithelzelle samt Kern während der Ruhe. b) Dichter Knäuel. c) Lockerer Knäuel. d) Mutterstern (Monaster) von oben gesehen. e) Mutterstern von der Seite gesehen. f) Tochtersterne Dyaster). g) Die Tochterkerne verschieben sich gegen die Pole. h) Die Tochterkerne bilden den lockeren Knäuel.

1. Prophase. Sie bildet das Vorbereitungsstadium zur Teilung (Fig. 4 a, b, c, d u. e, Fig. 5, 6, 7 u. 8). Die ersten Anzeichen dafür, dass der Kern sich zur Teilung anschickt, manifestieren sich am Chromatingerüst. Es rücken nämlich die einzelnen Chromatinkörnchen und -bröckchen, die vorher in dem Liningerüst unregelmässig verteilt waren, immer näher und dichter zusammen. Körnchen reiht sich an Körnchen an, so dass schliesslich ein zum Knäuel gewundener unregelmässig dicker, zackiger Faden entsteht, der den ganzen Kerninnenraum in zahlreichen, unregelmässigen

Windungen durchzieht. Bald jedoch glätten sich die Rauhigkeiten, die Zacken verschwinden und wir haben nun einen gleichmässig dicken, aufgeknäuelten Faden (Spirem, dichter Knäuel) Fig. 4 b, 6). Die Auflockerung desselben findet so statt, dass sich der Faden verdickt und in eine Reihe hintereinander gelegener, gleich langer Teilstücke zerfällt, die Chromosomen.

Hand in Hand mit der Ausbildung der Chromosomen gehen noch zwei wichtige Veränderungen am Kern. Einmal verschwindet nämlich die Kernmembran, so dass jetzt Chromosomen und Protoplasma in engere Wechselbeziehung treten können und zweitens verschwindet das Kernkörperchen. Über sein Schicksal sind die Ansichten noch geteilt, wahrscheinlich liefert es Chromatin und wird bei diesem Prozess aufgebraucht.

In den letzten Stadien der Prophase ändern dann auch die Chromosomen sowohl ihre Gestalt, als auch ihre gegenseitige Lage. Sie bilden sich bei den höheren Tieren und beim Menschen zu Schleifen um, deren beide Schenkel in mehr oder weniger spitzem Winkel zusammenstossen. Die Umordnung der Schleifen erfolgt so, dass sie sämtlich mit ihrem geschlossenen Ende sich nach einem Punkte hin richten, den man als das Polfeld (Rabl) bezeichnet.

In diesem Polfeld nun finden sich die beiden Zentriolen der Zelle dicht nebeneinander gelagert. Von ihnen resp. dem sie einschliessenden Zentrosoma aus gehen radiär wie die Strahlen einer Sonne Archoplasmafäden, die sich teils in dem umgebenden Zellprotoplasma verlieren, teils in den Kernraum eindringen. Je weiter die Prophase vorschreitet, um so weiter rücken nun die beiden Zentriolen auseinander, so dass aus einer Sonne nun zwei Sonnen entstehen. Dabei spannen sich zwischen den beiden Zentriolen oder Zentrosomen noch feine, parallel verlaufende Fäden aus, die wir als Zentralspindelfasern bezeichnen, zum Unterschied von den Polspindelfasern die radiär von jedem Zentrosom ausstrahlen. Am Ende der Prophase resp. dem Beginn der Metaphase sind die beiden Zentrosomen so weit auseinander gerückt, dass sie die beiden entgegenstehenden Pole des Spirems einnehmen.

Nach den eben beschriebenen Vorbereitungen findet nun eine völlige Umordnung der Chromosomen statt, die zur Bildung des sogen. Muttersterns, des Monasters führt. Es gruppieren sich nämlich die Chromosomen in einer Ebene, welche, die Zelle als Kugel gedacht, im Äquator liegt und senkrecht auf der Linie

steht, welche die beiden in den Polen gelegenen Zentrosomen mit einander verbindet. Der geschlossene Teil der Schleife kehrt sich nach innen, der offene nach aussen. Befindet sich also das Auge des Beschauers in einem der Pole, so wird er das Ganze als regelmässige Sternfigur sehen (Fig. 4 d); bei seitlicher Ansicht dagegen macht der Mutterstern den Eindruck einer unregelmässigen, unterbrochenen Platte (*Äquatorialplatte*) (Fig. 4 e).

2. *Metaphase* (Fig. 4 f, 4 g, 9, 10, 12 u. 13). An den vorher einheitlichen, schleifenförmigen Chromosomen macht sich nun in der Metaphase, häufig auch schon in der Prophase eine wichtige

Fig. 12. Fig. 13.

Kernteilungsbilder aus dem Amnion der Maus.

Fig. 12. Monaster von der Seite. Fig. 13. Monaster von oben. Die Chromosomen sind längs gespaltet (Metaphase). Ca. 1800 mal vergrössert.

Veränderung geltend, *es spaltet sich nämlich jede Schleife in zwei parallele und dicht aneinander gelagerte Tochterschleifen*, so dass wir nun die doppelte Anzahl von Chromosomen haben, wie früher.

Die Archoplasmastrahlen, welche von den beiden Zentrosomen ausgehen, lassen in der Metaphase drei Kategorien erkennen, einmal gehen von Zentrosom zu Zentrosom frei durch den ganzen Kernraum und parallel mit der Zellachse die *Zentralspindelfasern* hindurch, zweitens treten die Fasern der *Polstrahlung* nach allen Richtungen der Zellperipherie in das umgebende Protoplasma und drittens endlich gehen von den Zentrosomen die *Zug- oder Mantelfasern* zu den Chromosomen hin und heften sich an ihnen an.

In der zweiten Hälfte dieses Stadiums weichen die parallel verlaufenden, eng aneinander gelagerten Teilstücke eines jeden Chromosoms nach verschiedenen Richtungen auseinander. Das eine Stück läuft nach dem einen, das andere nach dem anderen Zellpol. Hier sammeln sie sich wieder in je einem sternartigen Gebilde so, dass ihr geschlossener Teil gegen das Zentrosoma, der offene Teil gegen die Zellmitte sieht. Die Chromosomen beider Hälften sind wiederum durch im wesentlichen parallel verlaufende Fäden miteinander verbunden, so dass eine tonnenförmige Figur resultiert (Dyaster, Tonnenstadium) (Fig. 10).

In der Metaphase zeigen sich die ersten Andeutungen von der Teilung des Zellkörpers; in dem Äquator der Zelle, also in der Ebene, in der der Mutterstern lag, beginnt sich von der Peripherie nach dem Innern allmählich fortschreitend der Zellkörper einzuschnüren.

3. Anaphase (Fig. 4h, Fig. 11). Wir haben so am Ende der Metaphase zwei Kerne in einem Stadium, welches dem des ursprünglichen Kernes am Ende der Prophase entspricht und nun findet die Umbildung zu zwei ruhenden Kernen in ganz entsprechender Weise statt. Die dünnen, schleifenförmigen Chromosomen verdicken sich, strecken sich und verbinden sich miteinander zu zwei Spiremen. Der Knäuelfaden wird unregelmässig, zackig und höckerig und zerfällt schliesslich in lauter einzelne Chromatinbröckeln. Der Kern grenzt sich gegen den Zellkörper durch eine nun auftretende Kernmembran ab. Das dicht neben dem Kern gelegene Zentrosoma verliert dann, wenn der Kern zur völligen Ruhe zurückgekehrt, seine Strahlung und das in ihm gelegene Zentriol teilt sich in zwei. Schliesslich kann auch das Zentrosoma selbst verschwinden, so dass sich nur noch die beiden Zentriolen neben dem Kern finden. Wir sehen also, dass die Anaphase nichts anderes als eine Umkehrung der Prophase bildet.

Gleichzeitig schnürt sich der Zellkörper völlig durch, so dass wir nun zwei völlig getrennte Zellindividuen haben. Dabei werden die Zentralspindelfasern, die ja, wie wir sahen, geschlossen durch beide Teilhälften durchlaufen, immer mehr zu einem Bündel zusammengedrängt. Sie stellen dann ein in der Mitte ihres Verlaufes, d. i. in dem Zelläquator, stark komprimiertes Bündel dar, dessen Fasern fächerförmig in beide Zellen ausstrahlen. Innerhalb der Durchschnürungsstelle entwickeln sich in den Fasern kleine Anschwellungen, durch deren Zusammentreten dann ein kleines Körperchen entsteht, das nach vollendeter Durchschnürung zwischen

beiden Zellen liegt (Zwischenkörper). Er, sowie die Reste der Zentralspindelfasern verschwinden dann bald, wenn die Zellen ins Ruhestadium eingelaufen sind.

4. Telophase. Als Telophase (Schlusstadium) kann man (mit M. Heidenhain) die letzten Vorgänge der Mitose bezeichnen, welche bestehen in gewissen gesetzmässigen Stellungsänderungen der Tochterkerne gegen die Achse der karyokinetischen Figur und Verlagerungen der Zentralkörper zum Zwecke normaler Lagerung dieser Gebilde in der ruhenden Zelle.

Über die Kräfte, welche bei der Kern- und Zellbildung zur Wirkung und Entfaltung kommen, sind die verschiedenen Theorien aufgestellt worden. Die einen fassen die von den Zentralkörperchen ausgehenden Zugfasern als kontraktile Elemente auf, Muskelfasern vergleichbar (Kontraktilitätshypothesen von M. Heidenhain, Rhumbler, von Kostanecki), die anderen sehen in diesen Fasern nur die physikalische Folge von Kräften und Bewegungen, die von den Zentralkörpern ausgehen (Dynamische Theorien von Bütschli, Ziegler, von Erlanger). Eine dritte Theorie endlich, die Expansionstheorie, lässt die von den Zentralkörpern auswachsenden Spindelfasern eine propulsive, stemmende Wirkung ausüben und erklärt so das Wandern der Zentralkörper an die Pole und das Auseinanderrücken der längs gespaltenen Chromosomen (Drüner, Meves).

Die Lebensdauer der Zellen der höheren Tiere und des Menschen ist eine ausserordentlich verschiedene. Bei manchen Zellen ist die Lebensdauer die des ganzen Organismus, die Zelle entsteht als Teilungsprodukt der Eizelle und stirbt ab beim Tode des ganzen Körpers. Das gilt aber wahrscheinlich nur von den Nervenzellen. Alle anderen Zellen haben eine kürzere Lebensdauer. Unter normalen physiologischen Verhältnissen werden fortwährend neue Zellen durch indirekte Teilung gebildet und treten an die Stelle von absterbenden Zellen. Das gilt vor allen Dingen von denjenigen Zellen, die einen sehr regen Stoffwechsel haben, wie den Drüsenzellen. So findet man in den Darmdrüsen nach reichlicher Fütterung zahlreiche Zellteilungsbilder. Eine sehr kurze Lebensdauer besitzen die roten Blutkörperchen, beim Menschen wahrscheinlich nur 3 bis 4 Wochen. Die oberflächlichsten Schichten der äusseren Haut werden fortwährend abgestossen, an ihre Stelle treten andere, die von den tieferen Schichten kontinuierlich vorrücken.

Die tierische Zelle kann den Tod des Gesamtorganismus unter günstigen Umständen einige Zeit überdauern und zwar bei Kaltblütern länger als bei Warmblütern. So ist es möglich, das aus dem Körper herausgenommene Herz eines Tieres, auch eines Säugetieres, noch lange Zeit bei Anwendung geeigneter Vorsichtsmassregeln schlagend zu erhalten.

Absterbende Zellen zeigen ganz charakteristische Erscheinungen, die sich zuerst am Kern manifestieren. Sein Chromatin ballt sich zusammen und bildet schliesslich nur noch eine kompakte, kugelige Masse (Karyolyse).

Anhang: Befruchtungsprozess.

Der gesamte Organismus der höheren Tiere ist das Produkt der fortgesetzten Teilung einer einzigen Zelle, der Eizelle. Bevor das Ei sich zur Teilung anschicken kann, muss es befruchtet werden d. h., es muss sich mit der weiblichen Eizelle die männliche Samenzelle vereinigen. Die kleine, bewegliche Samenzelle (Spermium) nähert sich dem grösseren, unbeweglichen Ei und dringt in das letztere hinein. Dann kommt es zu einer Verschmelzung (Amphimixis) der beiderseitigen Kerne, des Eikerns und des Samenkerns. Aus der Vereinigung beider entsteht ein neuer Kern, von dem sich alle Kerne des späteren Organismus ableiten.

Bevor aber diese Vereinigung stattfinden kann, müssen beide Geschlechtsprodukte gewisse Veränderungen durchmachen, welche wir als Samen- resp. Eireifung bezeichnen und welche auf einer Reduktion des im Kern enthaltenen Chromatins beruht. Das Spermium verlässt die männlichen Geschlechtsorgane schon im fertigen, reifen Zustand, die Reduktion des Chromatins findet bei ihm schon sehr frühzeitig statt. Wir können es als eine Geisselzelle bezeichnen, welche besteht aus einem Kopf, der den Zellkern darstellt, einem Mittelstück, welches die Zentralkörperchen enthält und einem Schwanzfaden, der ein Produkt des Zellprotoplasmas ist.

Die definitive Reifung des Eies dagegen erfolgt meistens später; sie kann erst vor sich gehen, wenn sich der Samenfaden dem Ei nähert, ja sogar erst dann, wenn der Samenfaden bereits ins Eiprotoplasma eingedrungen ist. Es wird dabei das überschüssige Chromatin in zwei kleinen Körpern, den Richtungskörpern, aus dem Ei ausgestossen. Bei den Säugern wird der erste Richtungskörper noch im Eierstock, der zweite dagegen erst im Eileiter ausgestossen.

Der Prozess der Reifung und Befruchtung ist bei einer grossen Anzahl von Tieren auf das genaueste studiert worden, vor allem bei wirbellosen Tieren, bei denen auch zuerst das Wesen des Befruchtungsvorganges von O. Hertwig erkannt wurde. In dem Folgenden sollen diese Vorgänge an einem ausgezeichneten Objekt näher erläutert werden, bei einer Schnecke, Physa fontinalis. Hier lassen sich die beiden Prozesse in ihren feinsten Einzelheiten aufs beste beobachten (Kostanecki und Wierzejski).

Die Ausstossung des Richtungskörpers, also die endgültige Reifung des Eies erfolgt bei Physa erst dann, wenn der Samenfaden schon ins Ei eingedrungen ist. Richten wir vor allem unser Augenmerk zunächst auf den Prozess der Eireifung. Derselbe besteht in der zweimaligen inäqualen mitotischen Teilung der Eizelle. Wie jede indirekte Zellteilung, so beginnt auch die Ausstossung der Richtungskörper damit, dass das Chromatin des Eikerns in Chromosomen zerfällt. Dabei tritt an jedem Pol ein Zentralkörperchen mit einer sehr deutlichen Strahlung auf (Fig. 14). Ursprünglich in der Mitte des Eies gelegen, rückt nun die ganze Teilungsfigur gegen die Eioberfläche hin, wobei es zur Spaltung der Chromosomen und zur Ausbildung der beiden Tochtersterne kommt (Metaphase). Die immer stärker gegen die Eiperipherie andrängende Teilungsfigur buchtet nun das Eiprotoplasma an einer Stelle in Form einer kleinen Knospe vor und in dieselbe hinein tritt die eine Hälfte der Teilungsfigur, die also die Hälfte der Chromosomen, einen Zentralkörper und einen Teil der Spindelfasern des ursprünglichen Eikerns enthält (Fig. 15). Durch Abschnürung der Knospe vom Eikörper entsteht so ein kleiner, ovoider Körper, der der Eioberfläche dicht anliegt und den wir als den ersten Richtungskörper bezeichnen,

Es folgt nun die zweite inäquale Teilung, welche zur Bildung des zweiten Richtungskörpers führt. Diese Teilung (Reduktionsteilung) geht aber ganz anders vor sich, als die erste. Die zurückgebliebenen Tochterchromosomen der ersten Richtungsteilung machen nämlich nicht die Anaphase durch, sondern gehen gleich vom Muttersternstadium in das Stadium des Diasters über, ohne während derselben (wie bei der gewöhnlichen Mitose) der Spaltung (Metakinese) zu unterliegen. Es gruppieren sich nämlich die von der ersten Teilung im Ei zurückgebliebenen Chromosomen in zwei Reihen, deren jede die Hälfte der ursprünglichen Chromosomen enthält. Der entstandene Dyaster schiebt sich unter die Eioberfläche, sie dabei etwas nach aussen vorbauchend. In diese

knospenförmige Ausbauchung rückt der eine Tochterstern, während der andere, der also die Hälfte der Chromosomen somatischer Zellen enthält, im Ei zurückbleibt (Fig. 17 u. 18).

Das Wesen der Eireifung besteht, wie aus dem Vorhergegangenen klar hervorgeht, im wesentlichen in einer Reduktion der in der Eizelle enthaltenen Chromosomen. Nach der Ausstossung des zweiten Richtungskörpers enthält das Ei nunmehr nur noch die Hälfte der Chromosomenmenge anderer (somatischer) Körperzellen. Den gleichen Prozess macht das Spermium, die männliche Geschlechtszelle, im Hoden durch (siehe Spermatogenese). Wenn sich also bei der Befruchtung männlicher und weiblicher Kern vereinigen, so wird der daraus entstehende Furchungskern dieselbe Chromatinmenge besitzen, wie alle anderen somatischen Zellen.

Wie schon früher beschrieben wurde, gelangt bei Physa der Samenfaden schon vor der Eireifung ins Ei und zwar dringt hier der ganze Samenfaden mit Kopf, Schwanz und Mittelstück ein (Fig. 14). Das ist nicht bei allen Tieren so, denn sehr häufig tritt nur Kopf und Mittelstück ein, der Schwanz hat nur die Bedeutung eines Lokomotionsorgans und ist bei dem eigentlichen Befruchtungsprozess ohne jede Bedeutung. Auch bei Physa verfällt er sehr bald der Resorption, so dass nur noch Kopf und Mittelstück zurückbleiben (Fig. 15). Sie liegen beide in der Nähe des den Richtungskörpern entgegengesetzten Eipols und zwar so, dass der Kopf gegen die Eimitte, das Mittelstück gegen die Peripherie sieht.

Während sich nun die Prozesse der Eireifung abspielen, machen zunächst Spermakopf und Mittelstück eine Wendung um 180°, so dass jetzt das Mittelstück gegen die Eimitte, der Kopf gegen die Peripherie gestellt ist. Jetzt schiesst aus dem Mittelstück, d. h. aus dem mit ihm ins Ei eingeführten männlichen Archoplasma ein Strahlensystem hervor, in dessen Zentrum ein anfangs einfaches, später sich durch Teilung verdoppelndes Zentralkörperchen liegt (Fig. 16). Es entstehen also innerhalb des Eies, in der Nähe des Spermakopfes, aus dem Mittelstück des Samenfadens zwei männliche Zentriolen mit einer männlichen Archoplasmastrahlung.

In diesem Stadium des Befruchtungsprozesses ist die Eireifung vollendet, der zweite Richtungskörper ausgestossen und der Eikern stellt nun ein kleines Bläschen von unregelmässiger Form dar, das von einer schwachen, aber noch deutlichen Strahlung umgeben ist (Fig. 18). Er liegt in der Nähe des einen, der Spermakopf in der Nähe des anderen Eipols.

Das nun folgende Stadium des Befruchtungsprozesses zeigt als charakteristischstes Merkmal eine starke Vergrösserung des Eikerns und des Spermakopfes und eine immer grössere Annäherung beider. Beide bilden sich zu ovoiden, grossen Kernen mit deutlichem Chromatingerüst aus. Während der Eikern ungefähr seine Lage beibehält, nähert sich ihm der Spermakern immer mehr. Vor letzterem her wandern die beiden männlichen Zentriolen mit ihrer Strahlung. Dabei entfernen sie sich immer mehr voneinander unter Ausbildung einer Zentralspindel.

Sind die beiden Zentralkörperchen am Eikern angelangt, so ist die Strahlung des letzteren einschliesslich des einen von der zweiten Richtungsteilung noch übrig gebliebenen Zentralkörperchens verschwunden und die männlichen Zentralkörperchen mit ihrer Strahlung beherrschen nun allmählich die ganze Eizelle und alle weiteren Vorgänge. Sie stellen sich zu beiden Seiten der nun direkt neben einander gelagerten Kerne auf, so dass ihre Verbindungslinie senkrecht zur Zellachse steht (Fig. 19 und 20).

Was nun folgt, ist im Grunde genommen der umgekehrte Vorgang, wie wir ihn von der indirekten Kernteilung her kennen. Während dort durch genaue Halbierung und folgende Wanderung der Chromosomen zwei neue Kerne entstehen, kommt es hier durch Vereinigung der Chromosomen zweier Kerne zur Bildung eines neuen Kernes, der aber nicht erst bis zum Ruhestadium, sondern nur bis zum Monasterstadium kommt. Jeder von beiden Kernen bildet nämlich ganz wie bei der Karyokinese zunächst einen lockeren Knäuel, dessen Faden in die Chromosomen zerfällt. Die Chromosomen beider Kerne nun, die ja zufolge der vorangegangenen Reduktionsteilung zusammen die gleiche Zahl ausmachen, wie in somatischen Zellen, treten zusammen zur Bildung des Muttersterns (Fig. 21). Dieser zerfällt dann so in die Tochtersterne, dass jeder derselben genau aus gleichen Anteilen männlichen und weiblichen Chromatins besteht. Aus den beiden Tochtersternen gehen nun dadurch, dass sich das Eiprotoplasma zuerst ein- und dann durchschnürt die Kerne der ersten beiden Furchungszellen hervor. Die Eizelle ist in die beiden ersten Blastomeren geteilt.

Ganz ähnlich verläuft auch die Reifung und Befruchtung des Säugetiereies, von der die Fig. 22—33 ein anschauliches Bild dieser Prozesse bei der Maus bieten. Es unterscheidet sich von dem bei Physa geschilderten Verhalten hauptsächlich dadurch, dass der Eizelle ein Zentrosoma fehlt. Wir vermissen dasselbe in den Figuren 23 u. 24 an der ersten Richtungsspindel. Die letztere steht

zunächst senkrecht zum Eiradius (Fig. 23), später parallel zu ihm (Fig. 24). Über die Zahl der Richtungskörper, die bei der Reifung des Säugetiereies gebildet werden schwanken die Angaben zwischen 1—3. Bei der Maus bilden die meisten Eier nur ein solches Körperchen. Sehr auffällig treten in Fig. 25 kleine Körperchen in der ersten Richtungsspindel auf, da wo die Trennungsebene zwischen Richtungskörper und Ei durchschneidet, die sog. Zentralspindelkörperchen. Von den ungezählten Samenfäden, welche sich nach der Begattung im Uterus finden, gelangen bei der Maus nur ganz wenige in die Tuben zu den jetzt hier befindlichen Eiern. In jedes Ei dringt nur ein Spermium ein und zwar ungefähr 6—10 Stunden nach der Begattung. Der Kopf quillt auf, der Schwanzfaden verliert sich im Eiprotoplasma (Fig. 25). Das Zentralkörperchen, das auch hier sicherlich vom Mittelstück des Spermiums stammt, ist schwer zu sehen. Es wird erst deutlich erkennbar und umgibt sich mit einer Strahlung, wenn Eikern und Samenkern dicht beieinander liegen und ihr Chromatin bereits sich zum Knäuel angeordnet hat (Fig. 29). Auch hier sehen wir wieder das starke Anwachsen der beiden Kerne (Fig. 26, 27 u. 28), auch hier liefert das mit dem Samenfaden ins Ei gelangende männliche Zentralkörperchen, die beiden Zentralkörperchen, von welchen je eins an jedem Pole der Furchungsspindel steht. Fig. 33 zeigt schliesslich das Endresultat der ersten Furchung, die Entstehung der beiden ersten Blastomeren.

Erläuterung der Fig. 22—33.

Reifung und Befruchtung des Eies der Maus (nach Sobotta). Sämtliche Figuren sind bei 500facher Vergrösserung gezeichnet. Die äussere dunklere Kontur bedeutet die Zona pellucida. Die dunklen im Eikörper zerstreuten Körner sind Fettkörner. Die nähere Erklärung der einzelnen Stadien siehe im Text.

E K = Eikern.
I R Sp = erste Richtungsspindel.
R K = Richtungskörper.
Sp K = Spermiumkopf resp. Spermakern.
F Sp = Furchungsspindel.
I Bl, II Bl = die beiden ersten Blastomeren.

Zweiter Teil.

Der Bau der tierischen Gewebe.

Von den beiden ersten, auf die eben beschriebene Art entstandenen Blastomeren stammen nun alle den Organismus eines vielzelligen Tieres zusammensetzenden Zellen ab. Und zwar entstehen sie durch eine fortgesetzte Folge von Teilungen. Ebenso wie die beiden ersten Furchungszellen sind auch noch die späteren Embryonalzellen gleichartig, gleich gebaut und gleichwertig. Mit fortschreitender Entwickelung treten jedoch innerhalb der einzelnen Zellen und Zellgruppen Unterschiede auf, die Zellen beginnen sich zu *differenzieren*. Die einzelnen Zellgruppen übernehmen verschiedene Funktionen und erhalten demgemäss auch besondere Form- und Baueigentümlichkeiten. Es findet also in dem sich entwickelnden Organismus eine weitgehende *Arbeitsteilung* statt. Diese in ganz bestimmter Richtung sich entwickelnden Zellkomplexe bezeichnen wir als *Gewebe*. *Unter einem Gewebe verstehen wir also einen Komplex gesetzmässig angeordneter, in einer bestimmten Richtung differenzierter und zu einer bestimmten Tätigkeit befähigter Zellen.*

Nicht alle Gewebe bestehen jedoch einzig und allein aus Zellen, es treten auch zu den Zellen noch gewisse Substanzen hinzu, welche von den Zellen selbst erst geliefert werden und welche wir in ihrer Gesamtheit als *Interzellularsubstanzen* bezeichnen. Ein Teil dieser Interzellularsubstanzen ist als *Ausscheidungsprodukt* des Zellkörpers aufzufassen, ein anderer dagegen entsteht als *Umwandlungsprodukt* der oberflächlichsten Schichten

des Zellkörpers. In den frühesten Stadien der Entwickelung fehlen solche Interzellularsubstanzen vollständig, sie treten erst auf nach der Differenzierung der einzelnen Gewebe.

Die verschiedenen Gewebe verbinden sich unter den mannigfaltigsten Kombinationen miteinander zur Bildung von Organen, d. h. Körpern von einem bestimmten inneren Bau und einer bestimmten äusseren Form, welche einem bestimmten physiologischen Zweck dienen. Nur ganz ausnahmsweise besteht ein Organ nur aus einem Gewebe, in den weitaus meisten Fällen beteiligen sich an seinem Aufbau mehrere oder sogar alle Gewebsarten.

Die richtige Einteilung der Gewebe gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Gewebelehre. Dieselbe kann zurzeit nur eine künstliche sein, denn auf einer einheitlichen z. B. rein morphologischen Grundlage lässt sie sich nicht durchführen, da sie nicht nur Form und Bau und die von ihnen abhängige Funktion, sondern auch die Entwickelung und die chemischen Eigenschaften der Gewebe berücksichtigen muss. Man hat auch versucht die Gewebe nur mit Rücksicht auf ihre Entwickelung zu klassifizieren, doch sind diese Versuche daran gescheitert, dass dieselben Gewebe verschiedenen Ursprunges sein können. Die gegenwärtig allgemein angenommene Einteilung (Koelliker, Leydig) fasst alle Gewebe in vier grossen Gruppen zusammen. Man unterscheidet:

1. Epithel- (und Drüsen-)gewebe,
2. Stütz- und Füllgewebe,
3. Muskelgewebe,
4. Nervengewebe.

Muskel- und Nervengewebe finden sich nur im tierischen nicht im pflanzlichen Organismus. Wir fassen deshalb beide auch unter dem Namen animale Gewebe zusammen. Epithel- und Stützgewebe treten dagegen auch bei den Pflanzen auf und können deshalb auch als vegetative Gewebe bezeichnet werden.

I. Das Epithelgewebe.

Das Epithelgewebe setzt sich fast ausschliesslich aus dicht neben- und übereinander gelagerten Zellen zusammen, die Interzellularsubstanz ist hier auf ein Minimum reduziert und findet sich nur in Form einer die einzelnen Zellen miteinander verbindenden Kittsubstanz.

Eine eigentliche Zellmembran fehlt den Epithelzellen fast immer, nur die äusserste Schicht des Protoplasmas ist in Form einer Crusta verstärkt. An der freien Oberfläche können aber die Epithelzellen die mannigfachsten Kutikularbildungen aufweisen.

Die Klassifizierung des Epithelgewebes kann einmal nach physiologischen Gesichtspunkten erfolgen. Es bedeckt dieses Gewebe die gesamte Körperoberfläche und ist in dieser Beziehung ein reines Deck- oder Schutzepithel, dann aber kleidet es auch sämtliche Hohlräume des Körpers aus und hier kommt noch zu der deckenden Funktion die Aufgabe besondere Stoffe auszuscheiden oder

Fig. 34.

Schema eines platten Epithels.

I. Von oben gesehen.
II. Von der Seite gesehen nach Durchschnitt in der Linie m n.
a) Die Zellgrenzen stellen sich als gerade Linien dar.
b) Die Zellgrenzen stellen sich als vielfach gebrochene Linien dar.

aufzunehmen, zu sezernieren und zu resorbieren. Die Aufgabe zu sezernieren übernimmt das Epithelgewebe aber vor allem in besonderen Einstülpungen der äusseren und inneren Körperoberfläche, den Drüsen (Drüsenepithel). Schliesslich kann das Epithelgewebe auch noch die Aufgabe haben, Reize, welche den Körper von aussen treffen, aufzunehmen, zu perzipieren (Sinnesepithel).

Von rein morphologischen Gesichtspunkten können wir das Epithelgewebe einmal nach der Form der es konstituierenden Zellen in plattes und zylindrisches Epithel einteilen. Dazwischen kommen Übergangsformen vor, die wir als kubisches Epithel bezeichnen.

Das platte Epithel besteht aus mehr oder weniger regelmässigen mehrseitigen Zellen, die sich in ihrer Form am besten mit den bekannten Mosaikplatten vergleichen lassen. Ihre Höhe ist nur sehr unbedeutend im Vergleich zu den beiden anderen Dimensionen.

Fig. 35.
Platte Epithelzellen aus der Mundschleimhaut des Menschen, isoliert.
Ca. 375 mal vergrössert.

Im Flächenbild erscheinen die Zellgrenzen als gerade oder unregelmässig zackige Linien. Fig. 34 stellt ein solches Epithel einmal im Flächenbild, das andere Mal im Profilbild dar. Wir sehen, dass der meist in der Zellmitte gelegene Kern den Zellkontur infolge seiner grösseren Dicke nach aussen vorbuchtet. Meist ist auch der Kern noch von einem etwas dichteren Protoplasma umgeben (Fig. 34 u. 35).

Das Zylinderepithel zeigt uns gerade das umgekehrte Verhalten. Bei ihm übertrifft die Höhenausdehnung in grösserem oder geringerem Grade die beiden anderen Dimensionen (Fig. 38). Die Zellform kann dabei sehr verschiedenartig sein, mehr oder weniger regelmässige Zylinder, Säulen, Prismen, Kegel, Pyramiden. Der Kern kann entweder die Zellenmitte einnehmen oder sich mehr der Basis oder mehr der Oberfläche nähern. Die Zentralkörper finden sich entweder in der Nähe des Kerns oder sie rücken bis dicht unter die freie Oberfläche.

Zahlreiche und wichtige Veränderungen kann die freie Oberfläche bei zylindrischen und kubischen Zellen erleiden. Es können nämlich einmal aus ihr zahlreiche längere oder kürzere Härchen herausragen, die während des Lebens in fortwährender schlagender Bewegung begriffen sind, wir bezeichnen ein solches mit Wimpern oder Flimmern besetztes Epithel als Flimmerepithel (Fig. 36).

In anderen Fällen scheidet die Zelle an ihrer freien Oberfläche einen Saum aus, der mehr oder weniger deutlich gestreift erscheint und zwar, senkrecht zur Oberfläche gestreift. Wir bezeichnen solche Bildungen als Kutikularsäume.

Schliesslich kann auch ein grosser Teil des Zellkörpers in Schleim umgewandelt erscheinen, der von der Zelle fortwährend neugebildet und nach aussen abgegeben wird. Da der Schleimpfropf in solchen Fällen den Zellkörper stark ausbaucht, so sprechen wir von Schleim- oder Becherzellen (Fig. 36).

Fig. 36.

Zwei isolierte Flimmer- und zwei Becherzellen aus dem Ösophagus des Frosches. Ca. 520 mal vergrössert.

Die Flimmerzelle zeigt in ihrer ausgeprägtesten Form einen ausserordentlich interessanten und komplizierten Bau (Fig. 37). Die Flimmern sind immer Ausläufer des Zellprotoplasmas und sitzen immer auf einem deutlich sichtbaren Saum der Zelloberfläche auf. Fig. 37 zeigt uns schematisch den Bau der Flimmerzellen von einer Teichmuschel. Hier ist die Flimmerzelle auf ihrer freien Oberfläche mit einem dicken Kutikularsaum bedeckt. Durch ihn hindurch dringen die Flimmerhaare in das Zellprotoplasma ein. Jedes Haar zeigt einmal innerhalb der Cuticula eine kleine Anschwellung (Bulbus), geht aber dann, jenseits der Cuticula, in ein stärkeres Knötchen über, das man als Basalkörperchen bezeichnet. Stehen die Flimmerhaare und damit auch die Basalkörperchen sehr dicht, so können sie bei schwächeren Vergrösserungen als ein kontinuierlicher Saum imponieren. Jenseits der Basalkörperchen konvergieren die Verlängerungen der Flimmerhaare, legen sich aneinander und bilden einen Strang, der in der Nähe des Kernes vorbeizieht und sich in den basalen Teilen der

Zelle verliert. Man bezeichnet das ganze Gebilde als den *Fadenapparat* oder die Wimperwurzel der Flimmerzelle (*Engelmann*).

Die Flimmern aller Zellen eines Flimmerepithels schlagen während des Lebens alle in einer und derselben Richtung und können dadurch unter Umständen wichtige Funktionen ausüben. Durch die Untersuchungen von *Peter* ist nachgewiesen worden, dass weder der Kern, noch das Protoplasma einen Einfluss auf die Flimmerbewegung ausüben, sobald man aber das Flimmerhaar von seinem Basalkörperchen trennt, hört es auch auf zu schlagen, es werden deshalb diese Körperchen als die *kinetischen Zentren* der Flimmerhaare bezeichnet. Wahrscheinlich sind die Basalkörperchen Abkömmlinge der Zentralkörperchen und aus ihnen durch Teilung entstanden (*Henneguy*, von *Lenhossék*, *Meves*). Die Anschauung, dass die Wimperwurzeln Nervenendigungen innerhalb der Flimmerzellen darstellen, ist wohl kaum zutreffend.

Fig. 37.
Schema des Flimmerepithels.
Nach *Apáthy*.

In manchen Epithelzellen (z. B. der Niere) tritt während der Tätigkeit auf der freien Oberfläche ein Saum von kürzeren, ziemlich starken Stäbchen auf, den man als *Bürstenbesatz* bezeichnet hat.

Kutikularsäume können an der freien Oberfläche aller möglichen Zellen auftreten, vor allem sind sie deutlich an der Oberfläche der Darmepithelzellen zu sehen. Hier besitzt der Kutikularsaum eine feine Streifung parallel zur Zellachse, er setzt sich zusammen aus zahllosen feinen Stäbchen oder Härchen, die, wie R. *Heidenhain* gezeigt hat, als feine Ausläufer des Zellprotoplasmas in der homogenen Grundmasse des Saumes stecken, ihre Länge verändern, von der Zelle aus- und eingezogen werden können und wahrscheinlich eine gewisse Rolle bei der Resorption spielen.

Auch in dem basalen Teil der Epithelzelle kann es zu charakteristischen längsstreifigen Differenzierungen des Protoplasmas kommen, wie wir das an den Zellen des Nierenepithels und der Speichelröhren werden kennen lernen.

Fig. 38.

Schema der morphologischen Klassifikation der Epithelien.

a Einschichtiges Plattenepithel. b Einschichtiges kubisches Epithel. Zellen teilweise mit Kutikularsaum und teilweise mit Bürstenbesatz. c Einschichtiges Zylinderepithel. Zellen teilweise mit Kutikularsaum und teilweise mit Flimmerbesatz. d Mehrzeiliges Epithel mit Flimmerbesatz. e Mehrschichtiges Plattenepithel. f Übergangsepithel. g Geschichtetes Zylinderepithel. Zellen teilweise mit Flimmerbesatz.

Nach der Anzahl der Schichten, in welchen die Zellen in einem Epithel angeordnet sind, können wir einschichtige und mehrschichtige Epithelien unterscheiden. Nehmen wir dazu

noch die verschiedene Form, die die Zellen innerhalb dieser Schichten aufweisen, so kommen wir zu folgender morphologischen Klassifikation der Epithelien:

I. Einschichtige Epithelien.

a) Einschichtiges Plattenepithel: Niedrige, polygonale Zellen, welche in einfacher Schicht, etwa wie die Plättchen eines Mosaikpflasters nebeneinander liegen (Epithel der Lungenalveolen, der Blut- und Lymphgefässe, des Herzens, der grossen Körperhöhlen, der Gelenkhöhlen, Schleimbeutel und Sehnenscheiden) (Fig. 38a).

b) Einschichtiges kubisches Epithel: Die in einfacher Schicht, wie die Steine eines gewöhnlichen Pflasters nebeneinander liegenden Zellen sind ungefähr ebenso hoch wie breit (Epithel der Bronchioli respiratorii, einzelner Teile der Harnkanälchen, der Schilddrüsenbläschen, sezernierendes Epithel der meisten Drüsen, Epithel der Paukenhöhle); die Zellen können Flimmerbesatz tragen: Epithel der feinsten Bronchien (Fig. 38b).

c) Einschichtiges Zylinderepithel: Die in einfacher Schicht nebeneinander liegenden Zellen sind mehr oder weniger beträchtlich höher als breit (Epithel des Darmkanals, des Magens, der Ausführungsgänge der Speicheldrüsen, der Leber und des Pankreas, der Samenblasen und der Ductus deferens und ejaculatorius); die Zellen tragen Flimmern: Epithel des Uterus und des Eileiters (Fig. 38c).

II. Mehrreihiges (mehrzeiliges) Epithel (Fig. 38d).

Das mehrreihige Epithel bildet einen Übergang vom einschichtigen zum mehrschichtigen Epithel. Die Zellen sind hier so angeordnet, dass sie alle der gemeinsamen Basis aufsitzen, aber nicht alle die freie Oberfläche erreichen. Es liegen nämlich zwischen den unteren Enden der die ganze Dicke der Epithelschicht durchsetzenden Zylinderzellen rundliche oder keilförmige niedere Zellen, welche mit einem kurzen, nach der freien Oberfläche zu gerichteten Fortsatz sich zwischen den Zylinderzellen verlieren, die Oberfläche also nicht erreichen. So kommt es, dass die Kerne der Zellen in zwei oder mehreren Reihen (Zeilen) angeordnet sind, was den Anschein her-

vorrufen kann, als ob auch die Zellen geschichtet wären. Die Zylinderzellen tragen gewöhnlich auf ihrer freien Oberfläche Flimmerhaare. Ein solches Epithel finden wir in den Hauptausführungsgängen der grossen Speicheldrüsen, in der Pars respiratoria der Nase, in der Tuba Eustachii, in der Luftröhre, in den gröberen Bronchien, im Nebenhoden und im Samenleiter.

III. Mehrschichtige Epithelien.

a) Mehrschichtiges Plattenepithel: Die Zellen liegen in mehreren, oft in vielen Schichten übereinander und zwar so, dass die Zellen der tiefsten Schicht zylindrisch sind, dann folgen nach oben zunächst unregelmässige, polyedrische und schliesslich immer mehr plattenförmige Zellen. (Epithel der Körperoberfläche, der Mundhöhle, des Schlundes, des Nasenvorhofs, der Hinterfläche des Kehldeckels, der wahren Stimmbänder, der Fossa navicularis der männlichen Harnröhre, der weiblichen Harnröhre, der Scheide und der Portio vaginalis des Uterus) (Fig. 38 e).

b) Übergangsepithel: Die Zellen sind ganz ähnlich geschichtet wie beim vorigen, nur werden sie nach oben zu nicht vollkommen platt, sondern bleiben polyedrisch. (Epithel des Nierenbeckens, des Harnleiters, der Harnblase und der Pars prostatica der männlichen Harnröhre) (Fig. 38 f).

c) Geschichtetes Zylinderepithel: Die oberflächlichste Zellschicht besteht aus Zylinderzellen, zwischen ihren verjüngten, nach dem Grunde des Epithels strebenden Enden liegen nach der freien Oberfläche zu spitz ausgezogene Zylinderzellen. Basalwärts wird das Epithel schliesslich noch durch eine oder mehrere Lagen kubischer Zellen abgeschlossen (Epithel der Pars membranacea und cavernosa der männlichen Harnröhre) (Fig. 38 g).

Die einzelnen Zellen werden innerhalb des Epithelverbandes miteinander verbunden durch eine besondere Kittsubstanz, welche die Eigenschaft besitzt Silbersalze energisch zu reduzieren. Legt man z. B. ein Stückchen eines mit Epithelzellen bekleideten Gewebes für wenige Minuten in eine 0,5 proz. Höllensteinlösung und

setzt es dann dem Lichte aus, so erscheinen die Zellen von dunklen Linien umrahmt. Das Silbersalz ist hier in die Kittsubstanz eingedrungen und wird von ihr unter dem Einfluss des Lichtes reduziert. Die Kittsubstanz kann nun gleichmässig zwischen den Epithelzellen verteilt sein oder sie kann sich an bestimmten Stellen zu besonderen, leistenförmigen Bildungen ansammeln. So treffen wir z. B. ganz allgemein an Zylinderepithelien solche Kittleisten zwischen den oberflächlichen, freien Zellkanten. Hier finden sich zwischen den aneinander stossenden Flächen der Zylinderzellen feine Spalträume, welche nach aussen durch diese Kittleisten abgeschlossen werden, deshalb bezeichnet man sie auch als Schlussleisten. Von der Seite gesehen werden die Leisten als Punkte zwischen den freien Zellenden erscheinen, von der Fläche gesehen müssen sie ein Netzwerk bilden.

Fig. 39.

Aus einem Durchschnitte durch das geschichtete Pflasterepithel der menschlichen Epidermis.

Einige Epithelzellen des Stratum spinosum durch Interzellularbrücken miteinander verbunden. Ca. 900 mal vergrössert.

Die Epithelzellen können aber auch untereinander durch Ausläufer, durch Brücken von Zellsubstanz in direkter Verbindung stehen. Solche Interzellularbrücken scheinen sich in weiter Verbreitung zwischen Epithelzellen zu finden. Als bekanntestes Beispiel solcher Epithelverbindungen seien hier die Stachel- oder Riffzellen erwähnt, welche sich z. B. in den tieferen Lagen der menschlichen Epidermis finden (Fig. 39). Hier sind alle Zellen durch relativ weite Interzellularräume getrennt, welche mit den Lymphräumen der Unterhaut in offener Kommunikation stehen. Von Zelle zu Zelle nun spannen sich, wie Fig. 39 zeigt, feine Fäden, die Interzellularräume durchsetzend. Es sind das protoplasmatische Fäden, welche von einer Zelle in die andere übergehen.

Den Interzellularräumen kommt wahrscheinlich eine recht hohe physiologische Bedeutung zu. Es besitzt nämlich das Epithelgewebe keine Blutgefässe. Da die letzteren nun aber die Ernährung sämtlicher Gewebe besorgen, so würde bei vielschichtigen Epithelien, wie wir sie z. B. in der Epidermis finden, die Nahrungszufuhr zu den äusseren Zelllagen eine sehr schwierige

werden. Hier treten die Interzellularräume helfend ein, indem sie dem ernährenden Strom von den Lymphräumen der Unterhaut her den Zutritt zu den Epithelzellen ermöglichen.

Von der Grundregel, dass sich innerhalb des Epithels keine Blutgefässe finden, gibt es nur einige wenige Ausnahmen, so dringen z. B. in der Gaumenschleimhaut des Frosches (Maurer) und an einer Stelle des menschlichen Schneckenepithels (Retzius) Kapillarschlingen zwischen die Epithelzellen ein.

Dagegen werden wir in späteren Kapiteln kennen lernen, dass das Epithel oft in ausserordentlich reichem Masse von den feinsten Verzweigungen der sensiblen Nerven durchsetzt wird. Auch andere fremdartige Zellen können sich gelegentlich zwischen die Epithelzellen eindrängen, das gilt vor allem von den sogen. Wanderzellen, die an manchen Stellen fortwährend das Epithel massenhaft durchwandern.

Zahlreich sind schliesslich die Veränderungen, welche der Körper der Epithelzelle erleiden kann im Dienste der besonderen Funktion, welche das Epithel übernommen hat: es können die Epithelien verhornen (Haut, Haare, Nägel), verkalken (Zähne), verschleimen (Respirations- und Verdauungsorgane), verfetten (Talgdrüsen, Milchdrüsen); sie können in ihrem Körper grosse Mengen von Pigment bilden oder aufspeichern (Netzhaut, Haare, Haut farbiger Menschenrassen).

Da wo das Epithel mit Bindegewebe in Berührung kommt, wird es von ihm durch eine helle, glänzende Membran getrennt, welche entweder ganz strukturlos ist oder nur eine leichte Streifung erkennen lässt. Wir bezeichnen solche Bildungen als Basalmembranen. Über ihre Herkunft gehen die Ansichten auseinander, entweder handelt es sich um ein Ausscheidungsprodukt der Epithelzellen oder um ein Abspaltungsprodukt des darunter gelegenen Bindegewebes.

Entwickelungsgeschichtlich wäre zu bemerken, dass die verschiedenen Epithelien des Körpers von allen drei primitiven Keimblättern abstammen, so z. B. das Oberflächenepithel des Körpers und die Sinnesepithelien vom äusseren Keimblatt, das Epithel des Magen-Darmkanals und seiner Drüsen vom inneren Keimblatt, das Keimepithel, das Epithel der Harn- und Geschlechtswege, das Epithel, welches die Blut- und Lymphgefässe und das Innere der grossen Körperhöhlen auskleidet vom mittleren Keimblatt. Das letztere hat man auch als unechtes Epithel oder Endo-

thel bezeichnet, doch liegt dafür kein zwingender Grund vor, denn die Zellen zeigen alle charakteristischen Eigenschaften echter Epithelzellen, sie liegen in ganz gesetzmässiger Weise nebeneinander und sind nur durch ganz geringe Mengen von Kittsubstanz miteinander verbunden.

Ursprünglich sind alle Epithelien einschichtig. Da wo sich geschichtete Epithelien entwickeln, geschieht dies durch Zellvermehrung mittelst Teilung. Die neugebildeten Zellen drängen sich entweder zwischen die alten ein oder sie schichten sich in einzelnen Lagen übereinander. Im Laufe des Lebens werden bei manchen Epithelien fortwährend die Zellen der oberflächlichsten Schicht abgestossen, sie gehen zugrunde. Ihr Ersatz erfolgt durch Teilung der Zellen der tiefsten Schicht, so dass die tieferen Schichten langsam nach oben gedrängt werden.

Ausserordentlich zahlreich sind ferner diejenigen Bildungen, welche eine Vergrösserung der mit Epithel bedeckten Fläche darstellen. Sie zeigen sich einmal in Wucherungen des Epithels über die freie Oberfläche hinaus, so entstehen Papillen, Haare, Nägel, Krallen etc., dann aber bilden sich auch gerade umgekehrt Einsenkungen des Epithels in das darunter gelegene Gewebe, welche schliesslich zur Entstehung weitverzweigter, mit Epithel ausgekleideter Kanäle führen. Diese Bildungen bezeichnen wir als Drüsen.

Drüsen und Drüsenepithel.

Wir bezeichnen als Drüsen durch Einstülpung von einem Epithel her entstehende Hohlraumsysteme, welche von Epithelzellen ausgekleidet sind. Die Funktion dieser Epithelzellen, Drüsenzellen, besteht darin, entweder Stoffe, die ihnen durch den Blutstrom in fertigem Zustande zugeführt werden, in den Drüsenhohlraum auszuscheiden oder aber jene Stoffe erst noch in bestimmter Weise zu verarbeiten und dann das entstandene Produkt auszuscheiden. Diese meist flüssigen Produkte werden dann durch das Hohlraumsystem der Drüse nach aussen befördert. Den ganzen Prozess Verarbeitung, Absonderung und Transport bezeichnen wir als Sekretion, das gelieferte Produkt entweder als Sekret, nämlich dann, wenn es noch weitere Verwendung im Organismus findet (Speichel, Galle, Magensaft, Darmsaft etc.) oder als Exkret, wenn es als nutzlos oder gar schädlich aus dem Organismus entfernt wird (Harn, Schweiss).

Sekretorische Funktion ist aber nicht allein und ausschliesslich an Drüsenbildung geknüpft, sondern sie kommt auch vielen Oberflächenepithelien zu, z. B. den Epithelzellen des Magens und Darms. Wir können deshalb diese Zellen mit einem gewissen Recht als einzellige Drüsen bezeichnen. Eine besondere Form solcher einzelliger Drüsen stellt die Becherzelle dar, wie sie sich in weiter Verbreitung zwischen den Zylinderzellen des Epithels der Atmungs- und Verdauungsorgane findet. Sie besteht in gefülltem Zustand, wie Fig. 36 zeigt, aus zwei verschiedenen Teilen, einem unteren, spitz auslaufenden plasmatischen Körper und einem oberen bauchig erweiterten Teil, der mit Schleim gefüllt ist. Hat die Schleimbildung ein gewisses Maximum erreicht, so platzt die freie Oberfläche und der Schleim ergiesst sich in das Darmlumen hinein. Dabei kollabiert die Zelle stark, das Protoplasma dehnt sich im ganzen Körper aus und die Zelle unterscheidet sich nun in nichts von einer gewöhnlichen Zylinderzelle.

Eine jede Zelle eines solchen Zylinderepithels kann verschleimen, kann zu einer Becherzelle werden. Als erstes Anzeichen der Verschleimung bilden sich innerhalb des unveränderten Protoplasmas kleine runde Körnchen, die Muzinogengranula, sie treten in immer grösserer Masse auf, fliessen zu grösseren, runden Körnern zusammen, die schliesslich das ganze Innere der Becherzelle prall füllen. Durch Wasseraufnahme erfolgt Quellung und Umbildung in Schleim, welcher nun als Pfropf (Theka) die Becherzelle ausfüllt, bis er schliesslich entleert wird.

Wenn wir uns jetzt zu den eigentlichen, mehrzelligen Drüsen wenden, so kann die Einstülpung, welche die Drüse immer darstellt, eine sehr verschiedene Ausdehnung erreichen. Im einen Fall stellt sie nur eine seichte Einsenkung des Epithels dar, im anderen Fall kann dadurch, dass die Epitheleinsenkung stark in die Tiefe wächst und sich von ihr sekundäre Ausstülpungen bilden, die ebenfalls ein starkes Wachstum zeigen, ein voluminöses, von seinen Nachbarn scharf abgesetztes Organ entstehen, wie wir es in den Speicheldrüsen, der Leber, dem Pankreas, den Nieren, vor uns haben.

Das primär eingestülpte Stück stellt dann den Ausführungsgang dar, welcher meistens nicht direkt, sondern durch zwischengeschaltete Gangstücke in den Drüsenkörper übergeht. Es gibt aber auch Drüsen, bei welchen ein solcher Ausführungsgang nur im Embryonalleben existiert, später aber zugrunde geht. Wir

haben so z. B. in der Schilddrüse eine Drüse ohne Ausführungsgang vor uns, eine Drüse mit innerer Sekretion. Hier wird das Sekret durch die Lymph- resp. Blutgefässe abgeführt.

Morphologisch können wir die Drüsen in tubulöse und alveoläre einteilen, je nachdem ihre Grundform durch den

Fig. 40.

Schema der verschiedenen Drüsenformen.

a Ausführungsgang; x einfacher Schlauch (Tubulus); xx einfaches Bläschen (Alveolus).

Schlauch, Tubulus oder das Bläschen, Alveolus repräsentiert wird.

Im einfachsten Fall stellt die tubulöse Drüse einen kurzen, geraden blind endigenden Schlauch dar, dessen Lumen in seinem ganzen Verlauf von ungefähr gleicher Weite ist (Fig. 40, 1). Solche tubulöse Einzeldrüsen finden sich in weiter Verbreitung im

Darmkanal unter dem Namen der Lieberkühn'schen Drüsen, Glandulae intestinales.

Wächst der Drüsenschlauch in die Länge, so legt er sich meist in Windungen und kann durch Raummangel gezwungen werden, an seinem blinden Ende zu einem Knäuel sich aufzuwinden. Wir sprechen dann von einer knäuelförmigen Drüse (Fig. 40, 2), als deren markantestes Beispiel die Schweissdrüsen, Glandulae sudoriferae der Haut angeführt seien.

Eine anderweitige Vergrösserung der sezernierenden Oberfläche der Drüse wird dadurch erreicht, dass sich der einfache Drüsenschlauch verästelt, so dass zwei, drei oder mehr Äste von einem gemeinsamen Stamm ausgehen (Fig. 40, 4). Solche tubulöse verästelte Einzeldrüsen sind die Fundusdrüsen, Glandulae gastricae des Magens und die Glandulae uterinae der Gebärmutter.

Vereinigen sich eine grosse Anzahl solcher tubulöser verästelter Einzeldrüsen, so entsteht eine zusammengesetzte tubulöse Drüse. Wir haben dann einen Hauptausführungsgang, in welchen entweder direkt oder in dessen Zweige die Einzeldrüsen einmünden (Fig. 40, 5). Hoden, Nieren, Tränendrüsen und seröse Drüsen der Zunge (Ebner'sche Drüsen) sind nach diesem Schema gebaut. Einen besonderen Untertypus der zusammengesetzt tubulösen Drüsen repräsentiert die Leber. Hier verbinden sich die Tubuli einer jeden, das ganze Organ zusammensetzenden Einzeldrüse miteinander, so dass ein Netzwerk von Drüsenschläuchen entsteht.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei den alveolären Drüsen. Ihre einfachste Form, die alveoläre Einzeldrüse stellt ein kleines, mit sezernierenden Zellen ausgekleidetes Bläschen dar von kugeliger, eiförmiger, kolbiger oder birnförmiger Gestalt, welches mittelst eines dünnen, hohlen, mit Zellen ausgekleideten Stiels, des Ausführungsganges, sich öffnet (Fig. 40, 6). Wir finden solche alveoläre Einzeldrüsen unter den kleinen Talgdrüsen, Glandulae sebaceae der äusseren Haut.

Wenn sich, wie bei den grossen Talgdrüsen oder den Meibom'schen Drüsen, Glandulae tarsales der Augenlider, mehrere Bläschen vermittelst dünner, hohler Stiele in einen gemeinsamen Ausführungsgang öffnen (Fig. 40, 7, 8), so haben wir eine alveoläre, verästelte Einzeldrüse.

Zahlreiche alveoläre verästelte Einzeldrüsen können sich nun miteinander vereinigen zur Bildung einer alveolären, zu-

sammengesetzten Drüse. Ein gemeinsamer Ansführungsgang verästelt sich und in seine Äste oder Zweige münden die alveolären, verästelten Einzeldrüsen ein. Ein solches Bauschema zeigt sich uns in der Milchdrüse, dem Pankreas, der Parotis (Fig. 40, 9).

Sehr häufig jedoch finden wir tubulösen und alveolären Typus miteinander vereinigt und zwar so, dass ein Drüsentubulus an seinem Ende eine blinde, sackförmige Erweiterung besitzt, also in einem Alveolus endigt und wir sprechen dann von alveolär-tubulösen Drüsen. Wir werden also entsprechend dem oben Ausgeführten unterscheiden können alveolär-tubulöse Einzeldrüsen: Pylorusdrüsen, Glandulae pyloricae des Magens, alveolär-tubulöse, verästelte Einzeldrüsen: Littre'sche Drüsen, Glandulae urethrales der Harnröhre und alveolär-tubulöse zusammengesetzte Drüsen: Glandula submaxillaris, Glandula sublingualis, Schleimdrüsen der Mundhöhle, des Schlundkopfes und der Speiseröhre, Cowper'sche Drüsen, Glandulae bulbourethrales, Brunner'sche Drüsen, Glandulae duodenales des Darms, Prostata und Lungen.

Eine besondere Unterabteilung der alveolären Drüsen bilden dann noch die follikulären Drüsen, rundliche, eiförmige, längliche Drüsenbläschen, mit sekretorischem Epithel ausgekleidet und allseitig geschlossen. Zu solchen Drüsen ohne Ausführungsgang zählt die Schilddrüse.

Wir hätten also an einer zusammengesetzten Drüse zunächst einen Ausführungsgang, der oft weit von der eigentlichen Drüse erst mündet. Bei seinem Eintritt in die Drüse verzweigt er sich vielfach und geht schliesslich, manchmal mittelst besonderer Schaltstücke in den eigentlichen Sekretionsraum über, der entweder von gleicher Weite oder mit bläschenförmigen Erweiterungen besetzt ist. Dieses ganze Hohlraumsystem ist mit Zellen ausgekleidet, die ihre Form und auch ihre Struktur vom Ausführungsgang bis zum Sekretionsraum hin allmählich ändern. Zwischen die den Sekretionsraum auskleidenden Zellen kann sich das Drüsenlumen noch in Form feiner Röhrchen, Kanälchen fortsetzen, die wir als Sekretkapillaren bezeichnen. Die innere freie Oberfläche der Drüsenzellen kann in manchen Drüsen einen Besatz mit feinen Stäbchen zeigen (Bürstenbesatz), die äussere Oberfläche wird umgeben von einer verschieden gestalteten Membran, der Basalmembran, welche den Drüsenkörper nach aussen abschliesst.

Viele Drüsen, wie Speicheldrüsen und Pankreas, besitzen einen exquisit lappigen Bau, d. h. kleine Bezirke (Läppchen, Lobuli) von Drüsensubstanz werden von starken Bindegewebszügen umhüllt und gegen ihre Nachbarn abgegrenzt. In jedes solches Drüsenläppchen tritt dann ein Ast des Ausführungsganges ein, um sich in ihm zu verzweigen, so dass wir inter- und intralobuläre Ausführungsgänge unterscheiden können. Mit dem Ausführungsgang dringen auch Gefässe und Nerven in das Drüsenläppchen ein; ausserdem schickt das interlobuläre Bindegewebe seine Fortsätze in das Läppchen, welche die einzelnen Tubuli und Alveolen mehr oder weniger vollkommen umhüllen.

Auch glatte Muskelzellen können einen Bestandteil der Drüse bilden, sie finden sich meist als Umhüllung der grösseren Ausführungsgänge, hier oft in mehreren Schichten übereinandergelagert, können aber auch in dünner Lage die Sekretionsräume selbst umgeben.

Das Aussehen der Drüsenzellen ist in den einzelnen Drüsen verschieden, je nach dem Produkt, welches die Drüse liefert — Talg, Schleim, Glykogen etc., es zeigen aber auch die Zellen in derselben Drüse ein verschiedenes Aussehen. Einmal ändert die Drüsenzelle ihre Form und ihren Bau vom Ausführungsgang zum Sekretionsraum hin, dann aber unterliegen die den letzteren selbst auskleidenden Zellen wesentlichen Form- und Bauänderungen, je nach dem physiologischen Zustand, in dem sie sich befinden. Die ruhende Drüsenzelle bietet uns ein ganz anderes Bild als die tätige.

II. Gewebe der Bindesubstanzen.

Die zweite grosse Gruppe von Geweben, zu deren Besprechung wir jetzt übergehen wollen, bilden die Bindesubstanzen, Gewebe, denen die Aufgabe zufällt die Stütze nicht nur für jedes einzelne Organ, sondern auch für den gesamten tierischen Organismus zu bilden. Fast jedes Organ wird umgeben von einer Hülle von Bindesubstanz, sie sendet Fortsätze in das Innere desselben, die den Zusammenhalt der einzelnen Teile der Organe bewirken. Aber die Bindesubstanzen schliessen auch die einzelnen Organe zu einem Organismus zusammen und verleihen demselben seinen Halt, sie bilden in ihrer höchsten Entwickelung bei den Wirbeltieren das knöcherne Skelet, den Grundstock des Körpers.

Während wir im Epithelgewebe eine durch wenig Zwischensubstanz, Kittsubstanz miteinander verbundene Zellkolonie vor uns hatten, kommt es bei den Bindesubstanzen dagegen zu einer mächtigen Entfaltung der Grundsubstanz, Zwischensubstanz, Interzellularsubstanz. Sie gibt einer jeden Gruppe der Bindesubstanzen ihr besonderes Gepräge, die Zellen selbst treten ihr gegenüber in den Hintergrund. Physikalische und chemische Eigenschaften dieser Grundsubstanz unterliegen bei den einzelnen Bindesubstanzen grossen Schwankungen. Sie kann weich-flüssig sein, sie kann fest, aber noch schneidbar werden und sie kann schliesslich fast steinhart und gänzlich unschneidbar werden.

In der Grundsubstanz kann es zur Entwickelung faseriger Elemente kommen und diese Fasern können das Bild so beherrschen, dass von der ehemaligen Grundsubstanz fast nichts mehr zu erkennen ist. In allen diesen Fällen treten die zelligen Elemente ganz in den Hintergrund, nur in ganz wenigen Bindesubstanzen spielen sie eine wirklich dominierende Rolle.

Nach diesen Gesichtspunkten können wir die Bindesubstanzen in drei grosse Untergruppen einteilen: 1. das Bindegewebe, 2. das Knorpelgewebe und 3. das Knochengewebe.

Bevor wir auf die Besprechung ihres Baues eingehen, mögen noch gewisse allen Bindesubstanzen eigentümliche Eigenschaften Erwähnung finden. Da wäre vor allem die grosse Wandlungsfähigkeit der Bindesubstanzen zu betrachten. Sie zeigt sich darin, dass ein Gewebe sich in das andere umwandeln kann. So kann Bindegewebe in Knorpelgewebe, Bindegewebe und Knorpelgewebe in Knochengewebe übergehen. Diese Umwandlung tritt ein im Laufe der Ontogenese und Phylogenese. Ein Skeletteil, der bei einer niedrig stehenden Tierklasse aus Bindegewebe sich aufbaut, kann bei einer höher stehenden aus Knorpel- oder Knochengewebe bestehen. Auch das umgekehrte Verhalten findet sich, so ist die äussere Augenhaut bei Fischen und Amphibien knorpelig, bei Vögeln knöchern und bei Säugetieren wieder bindegewebig. Das Gerüst des Kehlkopfes ist beim Menschen bis zum 40. Jahre knorpelig, dann wandelt es sich in Knochen um.

Die Bindesubstanzen entwickeln sich aus dem Mesenchym, das bei den Wirbeltieren als zellige Füllschicht sich zwischen den Keimblättern anlegt und von Zellen herstammt, die aus dem mittleren Keimblatt auswandern. Sie bilden zunächst sternförmige, verästelte Zellen, deren Ausläufer miteinander anastomosieren. Dadurch, dass diese Zellen eine homogene, schleimähnliche Zwischen-

substanz um sich herum ausscheiden, bilden sie die primitivste Gruppe von Bindesubstanzen, das Gallertgewebe, wie es eine Zeitlang das einzige Füll- und Bindemittel zwischen den Organen des embryonalen Körpers darstellt, wie es sich aber auch in weiter Verbreitung im Körper niederer Metazoenklassen im erwachsenen Zustand findet. Je nach dem Orte und je nach der Aufgabe, welche die Bindesubstanz zu erfüllen hat, differenziert sie sich nun in verschiedener Weise aus diesem Gallertgewebe. An der einen Stelle scheiden die Zellen aus ihrem Körper lange Fasern ab, die mit der Zeit in so grossen Mengen gebildet werden, dass sie die Zellen fast ganz verdecken; es entsteht so das fibrilläre Bindegewebe. An anderen Stellen dagegen wird das Gallertgewebe durch fortgesetzte Zellteilung zellreicher, die Zellen lagern sich dicht aneinander und bilden ein Blastem. Indem die Zellen nun um sich herum Knorpelgrundsubstanz abscheiden, entsteht aus dem Knorpelblastem Knorpel. Er findet sich im Körper des erwachsenen Menschen nur in bescheidenem Masse, dagegen spielt er die grösste Rolle als Stützorgan des embryonalen Körpers. Bei niederen Wirbeltieren erhält sich dieser Zustand das ganze Leben hindurch. Bei der grossen Masse der Wirbeltiere jedoch bildet sich der Knorpel, dem ja auch schon eine beträchtliche Festigkeit eigen ist, in eine noch festere Bindesubstanz um, den Knochen, der das Endglied in der Entwickelungsreihe der Bindesubstanzen darstellt. Die Fähigkeit sich in Knochen umzuwandeln kommt aber nicht allein dem Knorpel, sondern auch dem Bindegewebe zu, so dass wir von einem knorpelig und einem bindegewebig präformierten Knochen sprechen können.

1. Das Bindegewebe.

In dieser Untergruppe unterscheiden wir noch drei Arten:

a) das Gallertgewebe,
b) das retikulierte Gewebe und
c) das fibrilläre Bindegewebe.

a) Das Gallertgewebe.

Das Gallertgewebe (embryonales Bindegewebe, Schleimgewebe) besteht aus sternförmigen, verästelten Zellen, deren Ausläufer sich miteinander verbinden, ineinander übergehen (Fig. 41). Es bildet sich so ein protoplasmatisches Netzwerk, in dessen Maschen von den Zellen eine schleimartige Masse ausgeschieden wird. Es

ist diese Grundsubstanz von festweicher Konsistenz und strukturlos. In chemischer Beziehung enthält sie entweder echtes, durch Essigsäure fällbares Muzin oder Mukoid. Sie ist ausserordentlich wasserreich.

Das Gallertgewebe findet sich in weiter Verbreitung im embryonalen Körper, aber nur in frühen Stadien der Entwickelung, in späteren Stadien finden wir es noch z. B. in der Schmelzpulpa

Fig. 41.

Embryonales Bindegewebe aus der subkutanen Schicht der Haut eines $3^1/_2$ Tage alten Hühnerembryos.

Ca. 640 mal vergrössert. Man sieht zwei karyokinetische Figuren.

und in der Nabelschnur. In der letzteren bildet es unter dem Namen der Wharton'schen Sulze die Umhüllung der beiden Arteriae umbilicales, der Vena umbilicalis und der Reste des Ductus omphaloentericus und mit ihnen zusammen einen drehrunden Strang, der nach aussen durch die mit einem geschichteten Epithel überzogene Amniosscheide abgeschlossen wird. Doch schon im zweiten Monat des Embryonallebens beginnt beim Menschen auch in der Nabelschnur das Gallertgewebe dadurch, dass die Zellen Fasern ausscheiden, sich in fibrilläres Bindegewebe umzuwandeln.

Der erwachsene menschliche Körper zeigt Gallertgewebe nur noch an einer einzigen Stelle, nämlich im Innern des Auges. Hier bildet es den *Glaskörper*, das Corpus vitreum. Sein Bau, der von dem des embryonalen Bindegewebes wesentlich abweicht, soll beim Sehorgan näher besprochen werden.

b) Das retikulierte Gewebe.

Über den Bau des retikulierten Gewebes waren noch bis vor kurzem die Ansichten der Autoren recht different, heute sind die Verhältnisse soweit geklärt, dass wir sagen können, das retikulierte Gewebe steht dem Gallertgewebe sehr nahe. Wie dieses besteht auch es aus einem Netzwerk anastomosierender Zellen, nur kommt es nicht zur Ausscheidung einer Grundsubstanz (Fig. 42). Der Raum innerhalb der Netzmaschen wird ausgefüllt von *Lymphkörperchen*. In dem retikulierten Gewebe kommt es konstant zur Bildung von *Bindegewebsfasern*. Sie finden sich innerhalb der Zellen, vom Zellprotoplasma umschlossen. Sie sind bei jüngeren Individuen feiner, wie bei älteren und bilden Netze. Ausser Bindegewebsfasernetzen finden sich auch noch Netze *elastischer Fasern* ebenfalls innerhalb des Zellprotoplasmas.

Fig. 42.

Retikuläres Bindegewebe aus einer Lymphdrüse der Katze.

Pinselpräparat. Vergrösserung ca. 430 mal.

Das retikulierte Gewebe findet sich an den verschiedensten Stellen des menschlichen Körpers immer in Verbindung mit Lymphkörperchen, die dichtgedrängt in seinen Maschen liegen und die man erst aus dünnen Schnitten mechanisch (durch Pinseln oder Schütteln) entfernen muss, um das Retikulum zu Gesicht zu bekommen. Wir bezeichnen ein solches mit Lymphkörperchen vollgepfropftes retikuliertes Gewebe auch als *lymphoides*, *adenoides* oder *lymphadenoides Gewebe*. Es findet sich in den Lymphknoten, der Thymus, der Milz, den Mandeln und den Follikeln des Darmkanals.

c) Das fibrilläre Bindegewebe.

Wenn es auch bei den beiden eben genannten Gruppen des Bindegewebes normalerweise schon immer zur Ausbildung von Fasern kommt, so treten jedoch dieselben nie so sehr in den Vordergrund, wie bei dem nun zu besprechenden fibrillären Bindegewebe. Hier bildet die in Form von Fasern abgeschiedene Interzellularsubstanz den Hauptbestandteil des Gewebes, ihr gegenüber treten Zellen und Grundsubstanz stark zurück.

Interzellularsubstanz. Die Interzellularsubstanz findet sich im Bindegewebe in Form zweier Faserarten, der Bindegewebs-

Fibroblast
Wanderzelle
Elastische Faser
Bindegewebsfibrillenbündel

Fig. 43.

Das lockere fibrilläre Bindegewebe aus der Subkutis der Ratte.

Ca. 300 mal vergrössert.

fasern und elastischen Fasern, ausgeschieden, die sich physikalisch, chemisch und morphologisch wesentlich voneinander unterscheiden. Sie liegen innerhalb einer sparsam vorhandenen homogenen Grundsubstanz.

a) Bindegewebsfasern. Die Bindegewebsfasern stellen mehr oder weniger dicke, im einen Fall ausserordentlich regelmässig, im anderen wieder ganz unregelmässig angeordnete Fasern dar, die eine meist sehr deutliche Längsstreifung in ihrer Substanz erkennen lassen (Fig. 43, Fig. 48 Kolf). Diese Streifung ist der Ausdruck für die Zusammensetzung der Bindegewebsfaser aus zahlreichen, feinsten gleichartigen Fäserchen, die wir als Bindegewebsfibrillen bezeichnen (Fig. 44). Die Fibrillen werden durch eine in geringer Menge entwickelte Kittsubstanz miteinander

zu Fasern verkittet. Die Bindegewebsfasern können gerade, geschlängelt oder wellig verlaufen, sie können sich verzweigen, doch kommt diese letztere Eigenschaft nur den Fasern zu, die Fibrillen selbst verzweigen sich niemals. Die Dicke der einzelnen Bindegewebsfibrille beträgt ungefähr 1 μ, die Dicke der Fasern ist sehr grossen Schwankungen unterworfen.

Optisch erweisen sich die Bindegewebsfasern als doppelt brechend, sie sind positiv einachsig.

Fig. 44.

Bindegewebsfibrillen aus einer Sehne der Maus mit Pikrinsäure behandelt und mit Nadeln zerzupft.

Ca. 800 mal vergrössert.

Chemisch zeigen die Bindegewebsfasern wichtige Eigenschaften. In kaltem Wasser quellen sie etwas auf, in kochendem Wasser schrumpfen sie stark zusammen und bei längerem Erhitzen in gespanntem Dampf lösen sie sich völlig. Behandelt man Bindegewebe mit verdünnten Säuren, wie Essigsäure, Zitronensäure, Salzsäure, Salpetersäure, so erleiden die Bindegewebsfasern eine ganz enorme Quellung, legen sich prall aneinander und bilden in ihrer Gesamtheit eine durchsichtige, gequollene Masse, die einzelne Fasern nicht mehr erkennen lässt. Erwärmt man solches in Säuren gequollenes Bindegewebe, so löst es sich und verwandelt sich in Leim, Glutin. Man bezeichnet deshalb die Bindegewebsfasern auch als leimgebende, kollagene Fasern

und ihren Hauptbestandteil als Kollagen. Kollagen und Glutin zeigen bei gleicher chemischer Zusammensetzung verschiedene Eigenschaften. Die Bindegewebsfasern werden ferner von Magensaft verdaut, ebenso auch von Pankreassaft, von letzterem aber nur nach vorherigem Aufquellen in verdünnter Säure. Mit Alkalien behandelt quellen die Bindegewebsfasern ebenfalls, zerfallen aber dann in ihre Fibrillen. Es löst nämlich das Alkali die die Fibrillen verbindende Kittsubstanz; am besten bedient man sich zu diesem Zweck des Kalk- oder Barytwassers (Fig. 44).

b) Elastische Fasern. Die Bindegewebsfasern bilden die Hauptmasse des gewöhnlichen fibrillären Bindegewebes, neben ihnen findet sich aber nun am einen Orte mehr, am anderen weniger reichlich eine zweite Art von Fasern, die wir als elastische Fasern bezeichnen (Fig. 43, Fig. 48 Elf). Sie können dicker oder dünner sein, lassen aber auch im ersteren Falle niemals eine Zusammensetzung aus einzelnen Fibrillen erkennen. Sie verlaufen meist stark geschlängelt, peitschenschnurartig, sie verzweigen sich dichotomisch und können mit ihren Verzweigungen anastomosieren. Die hieraus resultierenden elastischen Netze können eine solche Verbreiterung der Fasern und eine dementsprechende Verringerung der Maschenweite zeigen, dass elastische durchlöcherte Häute entstehen, sogenannte Membranae fenestratae (siehe Arterien).

Von ihren physikalischen Eigenschaften wäre zunächst ihre Elastizität zu erwähnen. Zerzupft man elastisches Gewebe, so krümmen sich kraft dieser Elastizität die Faserenden hirtenstabförmig um. Eine zweite hervorstechende physikalische Eigenschaft der elastischen Faser ist ihr starkes Lichtbrechungsvermögen, das ihr einen hohen Glanz verleitet. Im Polarisationsmikroskop zeigt die elastische Faser eine wesentlich geringere Anisotropie, als die Bindegewebsfaser.

Chemisch zeigt die elastische Faser resp. ihr Hauptbestandteil, das Elastin, eine bemerkenswerte Widerstandsfähigkeit gegen lösende Agenzien. Weder kaltes noch kochendes Wasser unter gewöhnlichen Verhältnissen, weder verdünnte Säuren noch verdünnte Alkalien vermögen sie zu verändern. Beim anhaltenden Erhitzen unter Druck lösen sich die elastischen Fasern, wobei ihr Elastin in Proto- und Deuteroelastose gespalten wird. Es liefert also das Elastin beim Kochen keinen Leim. Da sich die elastischen Fasern häufig von dem sie an Masse beträchtlich überragenden Bindegewebsfasern im mikroskopischen Präparat nur

schwer unterscheiden lassen, so bildet ihr *Verhalten gegen verdünnte Säuren* ein willkommenes Mittel zu ihrer Erkennung. Setzt man einem solchen Präparat einige Tropfen verdünnter Essigsäure zu, so quellen die Bindegewebsfasern stark auf, werden durchsichtig und es treten nun die unveränderten glänzenden elastischen Fasern aus dieser gequollenen Masse ausserordentlich scharf hervor. Von Magensaft wird das Elastin nur sehr langsam, rascher von Pankreassaft gelöst.

Zwischen den Elementen der Interzellularsubstanz findet sich, an den verschiedenen Orten in verschiedener Mächtigkeit, ein System von miteinander kommunizierenden Spalten und Lücken, das *Saftlückensystem*, das zur Ernährung des Bindegewebes dient und mit Lymphe gefüllt ist.

c) *Grundsubstanz.* Den eben besprochenen faserigen Interzellularbildungen gegenüber tritt eine eigentliche Grundsubstanz kaum in die Erscheinung. Sie ist vollkommen homogen und findet sich nur in ganz geringer Menge zwischen den Fasern.

Sehnenfasern (Fibrillenbündel)
Kern einer von der Fläche gesehenen Sehnenzelle
Druckleisten an den Zellen
Von der Kante gesehene Zellen

Fig. 45.

Ein Stückchen Sehne vom Schwanz einer weissen Maus.

Zwischen den Bindegewebsfibrillenbündeln sind Zellen reihenweise gelagert, von denen einige von der Fläche, andere dagegen von der Kante zu sehen sind. Ca. 400mal vergrössert.

Zellen des Bindegewebes. Wenn auch die Zellen in dem gewöhnlichen Bindegewebe gegenüber den Fasern stark in den Hintergrund treten, so finden sie sich doch in erheblicher Menge und zeigen recht charakteristische Formen. Man kann im Bindegewebe sechs verschiedene Arten von Zellen unterscheiden: a) *Fibroblasten*, b) *Mastzellen*, c) *Klasmatozyten*, d) *Lymphozyten*, e) *Plasmazellen* und f) *eosinophile Zellen*.

a) *Fibroblasten* (Fig. 43, Fig. 45, Fig. 48 fb). Grosse Zellen, welche sich allenthalben zwischen den Fasern zerstreut finden und sich dadurch auszeichnen, dass ihr Körper sehr flach, platt, dünn ist und zahlreiche, lappige, kiel- oder segelartige Fortsätze aussendet,

welche sich den Bindegewebsfasern dicht anlegen. Der Kern ist gross, oval, mit deutlichen Nukleolen versehen. Im Zellkörper finden sich nicht selten feine Granulationen und kleine Fetttröpfchen. Form und Anordnung der Fibroblasten wechselt ausserordentlich mit der grösseren oder geringeren Dichtigkeit und der Anordnung der Bindegewebsfasern. So können sie im lockeren Bindegewebe in ganzen Haufen zusammenliegen, im geformten Bindegewebe sich zu Zellreihen, Zellstreifen oder -Säulen nebeneinander gruppieren (Fig. 45).

Die Fibroblasten können in ihrem Körper Pigmente enthalten, wir bezeichnen sie dann als pigmentierte Bindegewebszellen oder Pigmentzellen (Fig. 46), sie können Fett in grossen Massen in sich aufspeichern und zu Fettzellen werden.

Kern

B.

Fig. 46.

Pigmentzelle aus der Haut eines neugeborenen Salamander.

Ca. 200 mal vergrössert.

b) Mastzellen (Fig. 47 u. 48 Mz). Wir verstehen unter dieser von Ehrlich eingeführten Bezeichnung grosse, rundliche, ovale oder längliche Zellen, die als charakteristischen Bestandteil in ihrem Zellkörper massenhafte Körnchen enthalten, welche ein eigenartiges Verhalten gegen basische Teerfarbstoffe zeigen. Die Körnchen der Mastzellen sind schwer zu konservieren, da sie in Wasser und wässerigen Lösungen mehr oder weniger löslich sind, sie färben sich in frischem Zustand lebhaft mit Neutralrot, im fixierten Präparat färben sie sich mit gewissen blauen, basischen Farbstoffen (Thionin, Toluidinblau) intensiv rot. Wir bezeichnen das als eine metachromatische Färbung. Die Mastzellen finden sich überall zerstreut im Bindegewebe, am reichlichsten in der Nähe der Gefässe, die sie oft, wie z. B. im Mesenterium, auf weite Strecken flankieren. Ihre grösste Ausbildung erlangen sie im Bindegewebe von Maus und Ratte. Ehrlich war ursprünglich der Ansicht, dass diese Zellen bei erhöhter Nahrungszufuhr eine höhere Ausbildung erfahren und gab ihnen deshalb den Namen „Mastzellen", doch hat diese Ansicht späteren Forschungen nicht Stand gehalten, die ergeben haben, dass sich die Mastzellen auch beim

hungernden und winterschlafenden Tier in gleicher Ausbildung finden (Ballowitz). Eine nicht unwichtige, physiologische Rolle scheinen allerdings diese Zellen für den Körper zu spielen, dafür spricht ihr konstantes Vorkommen, dafür spricht auch ihr Verhalten bei den pathologischen Prozessen der Entzündung und Eiterung (Maximow).

c) Klasmatozyten (Fig. 48 Kl). Diese von Ranvier entdeckte Zellform bildet ebenfalls einen konstanten Bestandteil des Bindegewebes. Es sind meist längliche Zellen, die nicht selten mehrere zipfelförmige Ausläufer besitzen. Der Zellkörper enthält in

Blutgefäss
Mastzelle
Fettzelle
Kern der Muskelzelle
Kern des Gefässepithels

Fig. 47.

Aus dem subkutanen Bindegewebe der Ratte.

Längs dem Gefässe befinden sich Mastzellen und zwei Fettzellen. Ca. 540mal vergrössert.

der Nähe des Kernes immer deutliche Körnchen, die aber keine metachromatische Färbung mit basischen Farbstoffen geben. Die Klasmatozyten finden sich allenthalben im Bindegewebe in Gesellschaft der Fibroblasten. Nach Ranvier sollten diese Zellen bei Amphibien eine Art von Drüsen darstellen, indem sich Stücke ihres Zellkörpers abschnüren und sich in der Gewebsflüssigkeit auflösen (Klasmatose). Es hat sich aber herausgestellt, dass die von Ranvier bei den Amphibien beschriebenen Zellen gar keine Klasmatozyten, sondern Mastzellen sind. Da nach neueren Forschungen die Klasmatozyten sessil gewordene, modifizierte Wanderzellen sind, so schlägt Maximow für sie den Namen ruhende Wanderzellen vor.

d) Lymphozyten, Wanderzellen (Fig. 48 Wz), finden sich allenthalben im Bindegewebe und erhalten fortwährend Zuzug durch zellige Elemente des Blutes und der Lymphe, welche aus den Gefässen heraus und in das Bindegewebe eintreten. Ihre Form ist ebenso wechselnd wie ihre Grösse, doch erreichen sie nie die Grösse der früher beschriebenen Zellarten. Den Wanderzellen kommt in ausgedehntem Masse die Fähigkeit der amöboiden Bewegung zu. Sie können auf ihrer Wanderung durch die Bindegewebsspalten die verschiedenartigsten Stoffe in ihrem Körper aufnehmen und verarbeiten, so können sie von aussen her in den Körper eingedrungene Schädlinge, wie Bakterien, aufnehmen und unschädlich machen (Phagozyten) (Fig. 48 Plt). Sie spielen infolgedessen bei pathologischen Prozessen eine ausserordentlich wichtige Rolle. Nicht nur durch das Bindegewebe wandern sie durch, sondern sie treten auch in Epithelien und gelangen, zwischen den Epithelzellen sich durchzwängend, schliesslich auf die innere oder äussere Oberfläche des Körpers.

e) Plasmazellen (Fig. 48 Plz). Diese von Unna zuerst beschriebene Zellart findet sich im normalen Bindegewebe nur recht selten, häufiger kommt sie in den blutbildenden Organen vor. Es sind rundliche oder ovale Zellen von sehr verschiedener Grösse, ihr netzmaschiges Protoplasma enthält keine Körnchen, zeigt aber, und das ist charakteristisch für sie, eine starke Verwandtschaft für manche basische Teerfarbstoffe, wie Methylenblau. Im Innern des Zellkörpers bleibt immer eine Stelle schwächer gefärbt, sie beherbergt mehrere Zentralkörperchen. Am häufigsten finden sie sich im Netz des Kaninchens. Sehr wichtig ist ihre Rolle bei pathologischen Prozessen, hier entwickeln sie sich aus ausgewanderten Lymphozyten.

f) Eosinophile Zellen (Fig. 48 Eos). Sie finden sich unter normalen Verhältnissen nur sehr selten und stellen aus der Blutbahn ausgewanderte Leukozyten dar, die wahrscheinlich innerhalb des Bindegewebes dem Untergang geweiht sind. Meist rundliche, mittelgrosse Zellen mit polymorphem, ringförmigem, wurstförmigem Kern. Um den Kern herum liegen zahlreiche feine oder gröbere Körnchen, welche eine besondere Verwandtschaft zu sauren Teerfarben, wie Eosin, zeigen.

Diese so verschiedenartigen Zellen des Bindegewebes stammen in letzter Linie alle von den Zellen des Mesenchyms ab. Ursprünglich sind alle Zellen des Mesenchyms auf dem Stadium des früher

beschriebenen Gallertgewebes gleichartig und fix. Eine Sonderung tritt beim Kaninchen erst am 12. Tage ein und zwar vornehmlich in der Umgebung der Gefässe. Hier verliert ein Teil der Mesenchymzellen ihre Sternform und wandelt sich zu runden Wanderzellen, histogenen Wanderzellen um. Wir haben nun im Mesenchym zwei Sorten von Zellen, den einen kommt die Aufgabe zu, die typische Interzellularsubstanz des späteren Bindegewebes, die kollagenen und elastischen Fasern zu bilden, wir bezeichnen sie fortan als Fibroblasten, die anderen, die histogenen Wanderzellen liefern den grössten Teil der übrigen zelligen Bestandteile (Maximow).

Die Bildung der kollagenen und elastischen Fasern aus den Fibroblasten ist lange Zeit ein heissumstrittenes Gebiet der Histiogenese gewesen. Nach der einen Anschauung soll von den Zellen zunächst eine kolloidale Grundsubstanz ausgeschieden werden, in der sich dann unabhängig vom Zellkörper die Fibrillen ausbilden (Virchow, Koelliker, von Ebner, Merkel), die andere Ansicht dagegen lässt die Fibrillen in der äussersten Schicht des Zellprotoplasmas gebildet werden (Flemming, Reinke, Spuler, Maximow). Heute dürfen wir mit einiger Bestimmtheit die letztere Anschauung als die zutreffende bezeichnen. Die Bindegewebsfibrillen werden innerhalb des Körpers der Fibroblasten gebildet und dadurch frei, dass sich das Zellprotoplasma von ihnen zurückzieht. Ganz ähnlich verläuft die Entwickelung der elastischen Fasern. Wahrscheinlich werden beide von denselben Fibroblasten gebildet, es ist sogar möglich, dass sich eine kollagene Faser, solange sie noch vom Körper des Fibroblasten umschlossen wird, in eine elastische Faser umwandeln kann.

Während nun die Fibroblasten ihren einmal angenommenen Charakter das ganze Leben über beibehalten, erleiden die histogenen Wanderzellen wichtige Veränderungen. Unter starker Wucherung verwandeln sie sich nach und nach zu Lymphozyten, Zellen, die den Lymphozyten der Gefässe, den hämatogenen Lymphozyten völlig gleichen. Ein Teil derselben wird sessil, vergrössert sich und wird zu Klasmatozyten, ein anderer Teil vakuolisiert sich, bildet spezifische Granulationen aus und stellt die Mastzellen dar, ein dritter endlich wandelt sich in Plasmazellen um. Die eosinophilen Zellen stammen sämtlich aus der Blutbahn, sie sind emigrierte Leukozyten.

Je nach der verschiedenen Ausbildung und Anordnung der fibrillären Substanz und je nach der besonderen Entwickelungs-

richtung, welche die Fibroblasten nehmen, können wir folgende Untergruppen des Bindegewebes unterscheiden.

1. Das lockere Bindegewebe (Fig. 43 u. 48). In ihm bilden die Bindegewebsfasern ein lockeres Geflecht, durchsetzt von dünnen, an der einen Stelle spärlicher, an der anderen reichlicher entwickelten elastischen Fasern. Im lockeren Bindegewebe kommen alle die früher erwähnten Zellarten vor. Es bildet eine lockere Füllmasse im Innern der Muskeln (Perimysium internum), im Innern der verschiedensten Drüsen, zwischen Haut und Muskulatur (subkutanes Bindegewebe) und an vielen anderen Stellen.

2. Das geformte Bindegewebe. Die Formen, unter denen dieses Gewebe auftreten kann, sind ausserordentlich variabel, alle aber haben sie das Gemeinsame, dass die Bindegewebsbündel dichter gelagert und bestimmt gerichtet sind unter dem Einfluss mechanischer Ursachen (Druck- und Zugwirkung). Damit kommt auch in die Anordnung der zelligen Elemente, die hier fast ausschliesslich zur Gruppe der Fibroblasten zählen, eine unverkennbare Gesetzmässigkeit, sie ordnen sich schichten- oder reihenweise an. So laufen z. B. alle Bindegewebsfasern innerhalb der Sehnen parallel (Fig. 44) und dicht gedrängt nebeneinander, die Zellen bilden zwischen den Faserbündeln Längsreihen (Fig. 45). Eine Zelle reiht sich unmittelbar an die andere an, sie füllt den minimalen Raum, der zwischen den benachbarten Bündeln liegt, mit ihrem dünnen Körper aus und schickt von letzterem flügelförmige Fortsätze aus, die die Faserbündel einhüllen. In der Hornhaut dagegen weisen die Bindegewebsfasern eine exquisit lamelläre Anordnung auf, deshalb sind auch die Zellen auf dem Querschnitt des Organs in parallelen Reihen angeordnet und finden ihre Hauptausdehnung in einer Ebene. Solches geformte Bindegewebe bildet die Faszien, Aponeurosen, Perimysium externum, die Sehnen und Bänder, die Hornhaut und die Sklera.

3. Das elastische Gewebe. Übertrifft in einem Gewebe die Zahl der elastischen Fasern die der Bindegewebsfasern um ein Bedeutendes, so sprechen wir von einem elastischen Gewebe. Es kann dieses Gewebe besondere Organe bilden, als deren Beispiel das Nackenband erwähnt sei (Fig. 50). Hier erreichen die elastischen Fasern eine recht bedeutende Dicke, liegen dicht zusammen, nur von geringen Mengen von kollagenem Gewebe getrennt. Den Fasern dicht an liegen Zellen mit dünnem, häutigem Protoplasmaleib, der die elastischen Fasern wahrscheinlich mit einem konti-

nuierlichen Protoplasmaüberzug umgibt. In der Wand der Blutgefässe findet sich das elastische Gewebe in reicher Entfaltung; hier bildet es Netze, die sich zu den früher erwähnten gefensterten Membranen entwickeln können. Auch an dem Aufbau mancher anderen Organe, wie z. B. der Atmungsorgane, nimmt das elastische Gewebe einen hervorragenden Anteil.

Fig. 50.
Querschnitt durch das Ligamentum nuchae des Ochsen.
Ca. 200 mal vergrössert.

4. Das Fettgewebe. Wenn auch fast jeder Fibroblast in seinem Körper Fett aufspeichern und ansammeln kann, so erreicht dieser Prozess doch unter Umständen eine solche Ausdehnung, dass die Zelle völlig ihren Fibroblastencharakter verliert und zur Fettzelle wird. An den Stellen, wo es zur massenhaften Entstehung solcher Fettzellen, zur Ausbildung eines Fettgewebes kommt, wird der Prozess eingeleitet durch reichliche Vaskularisierung. In der Umgebung der neu entstandenen Kapillaren stellen die Fibroblasten ihre faserbildende Tätigkeit ein, fangen an zu wuchern, ziehen ihre Fortsätze ein und liegen als grosse Haufen annähernd kugeliger Zellen da. In ihrem Protoplasma erscheinen dann die ersten Fetttröpfchen, die sich rasch vermehren und vergrössern und bald zu grossen, oft bis 130 μ messenden Tropfen konfluieren. Dabei wird das ursprüngliche Zellprotoplasma mitsamt dem Kern immer mehr an die Zellperipherie gedrängt, bis es schliesslich als schmaler, kernhaltiger Saum den grossen Fetttropfen allseitig umhüllt (Fig. 47 u. 51).

Die Fettzellen können sich entweder vereinzelt im lockeren Bindegewebe finden oder sie können sich in ihm zu kleinen Gruppen anhäufen sogen. Fettläppchen oder Fetttträubchen (Fig. 49). Die einzelnen Zellen werden dann zusammengehalten durch die spärlichen kollagenen Fasern, die von den ehemaligen Fibroblasten gebildet wurden. Zwischen den Fettzellen finden sich auch noch in geringer Menge Wanderzellen. Diese Fettläppchen sind ausserordentlich reich vaskularisiert, eine Arterie tritt ein, zwei Venen heraus. An besonderen Stellen und unter günstigen Ernährungs-

Fig. 51.

Fettgewebe aus der subkutanen Schicht der Haut einer weissen Maus.

Ca. 200mal vergrössert.

verhältnissen kann das Fettgewebe eine sehr beträchtliche Ausdehnung gewinnen, so findet es sich in ausgedehntem Masse im Panniculus adiposus, in den Mesenterien, in der Umgebung der Nieren, in der Achselhöhle.

Chemisch besteht das tierische Fett aus einem Gemisch von Neutralfetten und freien Fettsäuren. Die ersteren sind die Ester des Glyzerins mit den letzteren, nämlich der Stearinsäure, der Palmitinsäure und der Ölsäure. Das Fett ist unlöslich in Wasser und kaltem Alkohol, löslich in Äther, Benzol und Chloroform. Lässt man Fett an der Luft liegen, so tritt eine Zersetzung ein: es spaltet sich in Glyzerin und freie Fettsäure, die dann zu unangenehm

ranzig riechenden Körpern weiter oxydiert wird. Die freie Säure, besonders ein Gemisch von Stearin- und Palmitinsäure, kristallisiert dabei in langen, dünnen Kristallnadeln aus. Diese sog. Margarinkristalle können auch innerhalb der Fettzellen im abgestorbenen Gewebe auftreten (Fig. 49 u. 51).

Wichtig für den mikroskopischen Nachweis des Fettes ist sein Verhalten zum Osmiumtetroxyd, der sogen. Osmiumsäure. Bringt man frisches Fettgewebe in eine 0,5—1 proz. Lösung derselben, so färben sich die Fetttropfen zunächst hellbraun, dann dunkelbraun und schliesslich tiefschwarz. Es wird nämlich von dem Fett der Osmiumsäure der Sauerstoff völlig entzogen, sie wird zu metallischem Osmium reduziert, welches sich in dem Fett in fein verteilter Form niederschlägt. Doch ist diese Eigenschaft nicht spezifisch für Fett, sie kommt, wie Altmann gezeigt hat, einmal nur dem Olein zu und andererseits gibt es auch noch andere Bestandteile des tierischen Organismus, z. B. gewisse Drüsengranulationen, die die gleiche Reduktionskraft besitzen.

Charakteristisch für das Fett ist ferner das Verhalten zu einer kleinen Gruppe von Teerfarbstoffen, die man als indifferente Farbstoffe bezeichnen kann. Sie färben in alkoholischer Lösung das Fett intensiv rot, während sie alles Übrige ungefärbt lassen. Hierher gehören Sudan, Fettponceau und Biebricher Scharlach (Fig. 49).

Die Aufspeicherung von Fett im Zelleib ist keine spezifische Eigenschaft der Fibroblasten, sondern ganz allgemein verbreitet; so können die Epithelzellen der verschiedensten Drüsen, die Zylinderzellen des Darms, Knorpelzellen, Leberzellen erhebliche Mengen von Fett enthalten.

Das im Organismus sich findende Fett rührt zum allergrössten Teil aus der aufgenommenen Nahrung her, ist Nahrungsfett. Es wird im Darmkanal resorbiert, auf dem Wege des allgemeinen Blutstroms den einzelnen Organen zugeführt und hier entweder verbraucht oder deponiert. So schafft sich der Organismus bei Zuführung fettreicher Nahrung in dem Fettgewebe, besonders in dem Fettpolster der Unterhaut einen mächtigen Vorrat an Nahrungsmaterial, ein mächtiges Kraftdepot, welches dann bei weniger zureichenden Nahrung mit der Zeit aufgebraucht wird. Ein sehr instruktives Beispiel dafür bilden die sogen. Winterschlafdrüsen. Sie stellen weiter nichts als ein während des Sommers stark entwickeltes Fettgewebe dar, welches während der nahrungslosen Zeit des Winterschlafes wieder aufgebraucht wird.

Ob ausser diesem Nahrungsfett auch noch Fett aus anderen Nahrungsstoffen innerhalb des tierischen Organismus gebildet wird, ist eine der heiss umstrittensten Fragen der Physiologie. Mit einiger Sicherheit dürfen wir, wie schon Liebig nachzuweisen versucht hat, eine Bildung von Fett aus Kohlehydraten annehmen, eine Entstehung von Fett aus Eiweiss wird von einer Gruppe von Physiologen behauptet (Pettenkofer, Voit), von einer anderen entschieden bestritten (Pflüger).

Beim Fettverbrauch verschwinden bei jungen Tieren die Fetttropfen aus den Zellen und die letzteren nehmen wieder das Aussehen der ursprünglichen Fibroblasten an. Nach Poljakow sollen dabei die feinsten Fetttröpfchen, in welche die grossen Tropfen sich zerspalten, von den überall zwischen den Fettzellen sich findenden Wanderzellen aufgenommen und durch ihren Körper hindurch den Blutkapillaren zugeführt werden, die den Weitertransport übernehmen. Bei älteren Tieren dagegen vermögen die Fettzellen nicht mehr sich in Fibroblasten zurückzubilden. Mit dem Schwunde des Fettes werden sie kleiner, sie atrophieren und das früher zu einer peripheren Schicht zusammengedrängte Protoplasma durchsetzt nun strahlig den Zellkörper. Innerhalb der Protoplasmamaschen sammelt sich eine schleimige Flüssigkeit an; man hat den Prozess nicht besonders zutreffend als seröse Atrophie des Fettgewebes bezeichnet.

Es kann aber auch, wie Flemming gezeigt hat, während des Fettschwundes zu einer Proliferation des Kernes kommen, so dass innerhalb des Fettzellenkörpers zahlreiche Kerne sich bilden. Jeder dieser Kerne kann einen kleinen Zellkörper um sich bilden, so dass wir nun innerhalb der alten Fettzelle eine Anzahl junger Zellen gebildet sehen. In diesem Prozess sah Flemming eine Verjüngung der atrophierten Fettzelle und beschrieb ihn als Wucherungsatrophie.

Streng zu scheiden von der Aufnahme des Fettes durch die Zellen, von der Fettinfiltration ist die Fettdegeneration oder Fettmetamorphose. Hier wird innerhalb des Zellkörpers Fett in Form kleinster, nicht konfluierender Tröpfchen gebildet. Man hat früher die Bildung des Fettes in der Michdrüse allgemein als einen solchen Prozess aufgefasst. Neuere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass es sich auch hier nur um Nahrungsfett handelt. Wenn wir also unter normalen Umständen nur von einer Fettinfiltration sprechen dürfen, so kommt die Fettdegeneration nur unter pathologischen Verhältnissen vor; doch haben die

Untersuchungen der neuesten Zeit auch hier eine Bildung von Fett aus Eiweiss recht fraglich erscheinen lassen.

5. Das pigmentierte Bindegewebe. Ganz ähnlich wie die verschiedensten Zellen in ihrem Körper Einlagerung von Fett zeigen können, so können sie auch Pigmente aufnehmen. Wir sprechen dann von einem pigmentierten Bindegewebe, wenn alle oder zahlreiche Fibroblasten eines lockeren oder geformten Bindegewebes Pigment in ihrem Zellkörper zeigen. Dass die sessilen Fibroblasten unter Umständen mobil, zu Wanderzellen werden können, ist schon früher erwähnt worden, vor allem gilt dies von den pigmentierten Fibroblasten, denen eine nicht unerhebliche Bewegungsfähigkeit zukommt.

Fig. 52.
Pigmentgewebe aus der Iris des Schimpansen.
Ca. 300mal vergrössert.

In dem pigmentierten Bindegewebe können sich neben den zelligen Elementen des Bindegewebes auch dessen Fibrillen finden und zwar in grösserer oder geringerer Ausdehnung, so enthält z. B. die Grundschicht der Regenbogenhaut neben verästelten pigmentierten Fibroblasten nur relativ wenig kollagene und elastische Fasern (Fig. 52), die Tunica vasculosa der mittleren Augenhaut dagegen ausserordentlich zahlreiche elastische Fasern. Bei farbigen Menschenrassen ist auch die Kutis ein pigmentiertes Bindegewebe. Es finden sich in ihr verästelte Pigmentzellen überall zerstreut, vor allem aber dicht unter der Epidermis. Sie senden ihre Fortsätze zwischen die tiefsten Zellschichten der letzteren hinein und

dürften wahrscheinlich den Transport des Pigmentes zu jenen Zellen hin besorgen.

Eine ungleich viel grössere Verbreitung als beim Menschen erlangt das pigmentierte Bindegewebe bei niederen Wirbeltieren. Hier bilden die Pigmentzellen der Haut grosse stern- oder baumförmige Gebilde (Fig. 46) mit oft lappigen, weit verzweigten Fortsätzen. Körper und Fortsätze sind mit feinen Pigmentkörnchen völlig erfüllt. Unter dem Einfluss von äusseren oder inneren Reizen kann das Pigment aus den Fortsätzen in den Zellkörper zurückströmen und sich hier in einem Klumpen zusammenballen. Auf dieser Eigenschaft beruht der Farbwechsel, den viele Tiere (Frosch, Chamäleon, Cephalopoden) unter dem Einfluss des Lichtes oder psychischer Affekte erleiden. Man hat auch besondere Nervenfasern nachgewiesen, welche an diesen Zellen endigen (Leydig, Ballowitz, Eberth und Bunge).

Das Pigment tritt innerhalb der Zellen in Form von kleinen Körnchen, Stäbchen, Nädelchen auf. Chemisch fasst man diese Pigmente unter dem Namen der Melanine zusammen. Sie sind in den meisten Solventien unlöslich, durch Chlor und Sauerstoff in statu nascendi und durch schweflige Säure werden sie gebleicht. Sie sind zum Teil schwefelhaltig, zum Teil schwefelfrei, ihr Eisengehalt spricht für ihre Herkunft vom Blutfarbstoff.

2. Das Knorpelgewebe.

Das Knorpelgewebe unterscheidet sich von den bis jetzt besprochenen Bindesubstanzen vor allem durch die härtere Konsistenz seiner Grundsubstanz. In ihr finden sich kollagene oder elastische Fasern, ebenso wie beim Bindegewebe, doch treten sie bei den meisten Knorpelarten weniger in die Erscheinung, sind weniger charakteristisch für sie, als die Grundsubstanz, die dem Knorpel seine wichtigste Eigenschaft, seine Festigkeit gepaart mit weitgehender Biegsamkeit, verleiht.

Nach den Untersuchungen von Mörner besteht die Knorpelgrundsubstanz aus Chondromukoid, Chondroitinschwefelsäure und Albumoid. Das erstere ist in Wasser unlöslich, löslich in verdünntem Alkali, aus welcher Lösung es durch Essigsäure, ähnlich wie Muzin, ausgefällt wird. Die Chondroitinschwefelsäure ist dagegen in Wasser leicht löslich, sie bildet zusammen mit dem Chondromukoid um die Knorpelzelle herum die sogen. Chondrinballen, welche wieder in den Maschen eines aus

Albumoid bestehenden Netzwerkes liegen. Dieses selbst ist ein dem Keratin ähnlicher Eiweisskörper.

Die Knorpelgrundsubstanz wird durchsetzt von kollagenen Fasern oder von elastischen Fasern. Die Gegenwart der ersteren bringt es mit sich, dass der Knorpel beim Kochen Leim gibt. Man hat diesen Knorpelleim, das Chondrin früher als eine besondere Leimart dem Glutin, dem Bindegewebsleim entgegengestellt. Heute wissen wir, dass der Knorpelleim weiter nichts ist als eine Mischung von Glutin, Albumoid, Chondroitinschwefelsäure und den beim Kochen entstehenden Zersetzungsprodukten des Chondromukoids.

Je nach der Natur und der Anordnung der Fasern, welche die Grundsubstanz des Knorpels durchsetzen, können wir drei Knorpelarten unterscheiden: 1. den hyalinen Knorpel, 2. den Faserknorpel, 3. den elastischen Knorpel.

1. Der hyaline Knorpel.

Der hyaline Knorpel bildet auf der Höhe seiner Entwickelung einen bläulich weissen, mattglänzenden Körper, der in dünneren Schnitten durchscheinend bis durchsichtig ist. Er findet sich beim Embryo in weiter Verbreitung als Stütze des Körpers und Vorläufer des knöchernen Skelettes, postembryonal treffen wir ihn als Überzug der zu Gelenken, Synchondrosen und Symphysen verbundenen Knochenenden, als Stützgerüst des Kehlkopfs, der Trachea und Bronchen, als knorpeliges Gerüst der Nase, an Stellen, wo Sehnen in Knochenrinnen laufen (Sulcus m. peronaei ossis cuboidei, Sulcus hamuli pterygoidei). Überknorpelt ist auch der Ausschnitt zwischen Spina ischiadica und Tuber ischiadicum, die Incisura ischiadica minor.

Der hyaline Knorpel besteht aus einer hyalinen durchsichtigen Grundsubstanz, aus den in sie eingelagerten, nicht ohne weiteres erkennbaren kollagenen Fibrillen und den Knorpelzellen. Wenden wir uns zunächst zur Besprechung der letzteren.

Die Knorpelzellen (Fig. 53) sind kleine, bis mittelgrosse (3—30 μ), rundliche oder ovale Zellen, welche selten einzeln, häufiger in Gruppen von zwei und mehreren zusammenlagern. Die Aneinanderlagerung kann eine so dichte werden, dass sie die Zellform beeinflusst. Es können so semmelförmige, kugelsegmentartige, keilförmige Zellen entstehen (Fig. 53). In den oberfläch-

lichen Schichten des Knorpels sind die Zellen gewöhnlich kleiner, mehr abgeplattet und in Reihen angeordnet, welche der Knorpeloberfläche parallel laufen. In der Mitte des Knorpels werden sie dagegen grösser, ihre Form mehr rundlich. Sternförmige, verzweigte Knorpelzellen kommen bei höheren Wirbeltieren nur in pathologischen Knorpelneubildungen vor; in den niedersten Wirbeltierklassen und bei Wirbellosen (Selachier, Cephalopoden) bilden sie ein häufiges Vorkommnis.

Angeschnittene und leere Knorpelhöhle
Hyaline Grundsubstanz
Leere Knorpelhöhle
Knorpelkapsel
Kern der Knorpelzelle

Fig. 53.

Hyaliner Knorpel.

Aus einem Schnitte durch die Cartilago thyreoidea der Katze. Ca. 190mal vergrössert.

Der Leib der Knorpelzelle zeigt meist ein fein granuliertes Protoplasma, welches häufig Fett in Form von feinen Tröpfchen, Glykogen in kleinen Schollen, seltener Pigment in feinen Körnchen umschliesst.

Der Kern ist rund, bläschenförmig mit deutlichem Kerngerüst und scharf abgesetzter Kernmembran. Er enthält ein oder mehrere Nukleolen. Meist findet sich in der Knorpelzelle nur ein Kern, seltener zwei.

Auch Zentriolen sind durch van der Stricht in der Knorpelzelle nachgewiesen worden. Die Vermehrung der Zellen erfolgt meist durch mitotische Teilung, Amitose scheint nur selten vorzukommen.

Die Grundsubstanz ist in frischem, jungem Knorpel vollkommen hyalin, durchsichtig, homogen und anscheinend strukturlos. Sie enthält der Form der Knorpelzellen entsprechende Höhlen, Knorpelhöhlen, in denen die Zellen liegen und die die letzteren vollkommen ausfüllen. Die Knorpelzelle ist gegen Reagentien sehr empfindlich, sie schrumpft leicht, nicht selten zu einem unscheinbaren, zackig verzogenen Klümpchen zusammen, welches nunmehr

seine Knorpelhöhle nur sehr unvollkommen ausfüllt. Es kann auch vorkommen, zumal bei feinen Schnitten, dass die Knorpelhöhlen ganz leer erscheinen, dann sind die Zellen durch das Messer aus ihnen herausgerissen worden (Fig. 53).

Diejenige Partie der Grundsubstanz, die die Knorpelhöhlen unmittelbar in dünner Schicht umgibt erscheint glänzender als die übrige Grundsubstanz. Man hat deshalb von besonderen Knorpelkapseln gesprochen, welche die Zellen umgeben, doch darf man darunter nicht eine morphologische Individualität verstehen, es ist eben nur ein etwas abgesetzter Teil der Grundsubstanz, der in manchen Fällen auch eine intensivere Färbbarkeit zeigt als die letztere und sich oft durch mechanische oder chemische Mittel (Mazeration in dünner Salzsäure) isolieren lässt.

Die Grundsubstanz des Hyalinknorpels besitzt wenigstens in jungem Knorpel in allen ihren Teilen eine starke Verwandtschaft zu basischen Farbstoffen, sie ist basophil. Es muss diese Eigenschaft auf die Anwesenheit der Chondroitinschwefelsäure zurückgeführt werden. Färbt man die Knorpelschnitte mit einer passenden Mischung eines blauen basischen und eines roten sauren Farbstoffs (z. B. Methylenblau und Säurefuchsin) so erhalten wir in der blaugefärbten Grundsubstanz rotgefärbte Partien. Die rote Färbung dominiert in den peripheren Knorpelpartien und von hier aus ziehen sich rote Streifen zwischen den Knorpelkapseln durch die blaugefärbte Grundsubstanz. Diese azidophile oder oxyphile Rotfärbung rührt her von dem Gehalt der Knorpelgrundsubstanz an kollagenen Fibrillen (Hansen).

Die Fibrillen können auch durch Behandlung des Knorpels mit übermangansaurem Kali, 10 proz. Kochsalzlösung, Baryt- und Kalkwasser, durch Verdauung in Pankreassaft (Tillmanns, Baber) nachgewiesen werden. Dass man unter normalen Verhältnissen die Fibrillen innerhalb der Grundsubstanz nicht erkennt, rührt daher, dass Fibrillen und Grundsubstanz dasselbe Lichtbrechungsvermögen besitzen. Indem die oben erwähnten Reagentien entweder bei den Fibrillen oder der Grundsubstanz dieses Vermögen ändern, lassen sie die Fibrillen hervortreten. Sie sind den Bindegewebsfibrillen ganz ähnlich. Ihnen verdankt auch der Knorpel seine wichtigste optische Eigenschaft, seine Anisotropie. Da wo die Grundsubstanz im Verhältnis zu den kollagenen Fibrillen überwiegt, erhalten wir eine rein basophile Färbung, das Kollagen wird maskiert (Hansen). Dort, wo dagegen der Gehalt an kollagenen Fasern steigt, da vermag er auch das Färbungsresultat zu beein-

flussen und wir erhalten eine azidophile Färbung (unmaskiertes Kollagen, Hansen). Die Fibrillen verlaufen in den oberflächlichen Knorpelschichten parallel, in der Tiefe meist senkrecht zur Oberfläche. Sie bilden meistens einen mehr oder weniger dichten Filz. Um die Knorpelzellen herum schliessen sie sich zu bogenförmigen Zügen zusammen.

Der Knorpel besitzt im allgemeinen keine Gefässe, ihm fehlen auch die Spalträume des Bindegewebes, die Interzellularräume des Epithels, welche als Ernährungsbahnen in Frage kommen könnten. Man hat deshalb vielfach nach solchen Saftbahnen gesucht und auch solche beschrieben (Budge, Spina, Wolters, Reitz), nachdem es gelungen war gelöste (Indigokarmin) oder ungelöste (Zinnober, Asphaltbenzin) dem Tierkörper einverleibte Farbstoffe in der Knorpelgrundsubstanz nachzuweisen. Das beweist aber nur, dass innerhalb der Grundsubstanz eine Saftströmung stattfindet, nicht aber, dass dieselbe auch durch präformierte Kanäle mit eigener Wandung erfolgt. Die Saftströmung findet aller Wahrscheinlichkeit nach nicht in solchen Kanälen statt, deren Existenz in einwandfreier Weise nicht bewiesen ist, sondern zwischen den kollagenen Fibrillen durch die Grundsubstanz hindurch, welche jene miteinander verbindet.

Äusserlich wird der Knorpel umhüllt von einer Schicht geformten Bindegewebes, welche wir als Perichondrium bezeichnen. Seine Bindegewebsbündel sind dicht gefügt und vielfach verflochten und durchkreuzt. Es besitzt Blutgefässe, die zur Ernährung des Knorpels dienen. Das Perichondrium vermag auch neuen Knorpel zu bilden, indem die Fibroblasten Knorpelgrundsubstanz um sich abscheiden, mit ihr die Bindegewebsbündel einhüllen und dieselben so in Knorpelsubstanz verwandeln, während sie selbst zu Knorpelzellen werden.

Die Entwickelung des Knorpels geht beim Embryo von den Zellen des Gallertgewebes aus. Dieselben verlieren ihre Fortsätze, wuchern und lagern sich zu einer dichten Zellmasse zusammen, bei der Zellgrenzen nur schwer erkennbar sind (Blastemstadium). Dann vergrössern sich die Zellen, der Kern wird gross und oval und die periphersten Schichten des Zellkörpers verwandeln sich in Knorpelgrundsubstanz (Vorknorpelstadium). Gleichzeitig mit der Grundsubstanz liefern die Zellen aber auch kollagene Fibrillen, die in die erstere zu liegen kommen. Die Knorpelzellen vermehren sich durch indirekte Teilung. Es entstehen so innerhalb einer jeden Knorpelhöhle zwei Tochterzellen, welche von einer gemein-

samen Kapsel umschlossen werden. Nun scheidet jede der Tochterzellen Knorpelsubstanz in ihrer Peripherie aus, dabei entfernen sie sich voneinander. Erfolgt nun eine zweite Teilung, so haben wir vier Enkelzellen durch spärliche Knorpelgrundsubstanz voneinander getrennt in der ursprünglichen Knorpelkapsel liegen. Durch Resorption der letzteren und Ausscheidung von neuer Grundsubstanz können sie auseinander rücken, sich voneinander trennen oder zusammen liegen bleiben.

Dieses Wachstum des Knorpels bezeichnen wir als interstitielles Wachstum im Gegensatz zum appositionellen Wachstum, das, wie früher ausgeführt wurde, vom Perichondrium ausgeht.

Im Alter unterliegt der Knorpel hauptsächlich drei Veränderungen, der Asbestveränderung, der Verkalkung und der Verknöcherung.

Die Asbestveränderung beginnt gewöhnlich im Innern des Knorpels damit, dass sich die kollagenen Fibrillen zu dickeren Bündeln zusammenschliessen, die man ihres eigenartigen Glanzes wegen als Asbestfibrillen bezeichnet hat. Dadurch entsteht eine Zerklüftung der Grundsubstanz, die sich nach und nach über den ganzen Knorpel ausbreitet. Die Asbestfibrillen müssen chemisch veränderte, kollagene Fasern sein, denn sie verlieren die Quellbarkeit in Essigsäure; in verdünnter Natronlauge und kochendem Wasser lösen sie sich. Die Asbestveränderung führt schliesslich zur völligen Erweichung des Knorpels.

Die Verkalkung des Knorpels besteht in einer Ablagerung von Kalksalzen in der Knorpelgrundsubstanz, sie beginnt in der unmittelbaren Nähe der Zellen und schreitet langsam in der Grundsubstanz fort. Die Verkalkung macht den Knorpel hart, starr und brüchig.

Die Verknöcherung beginnt mit dem Einwachsen von Blutgefässen in den Knorpel; ihre Details sollen später bei der Knochenentwickelung behandelt werden. Sie verwandelt den Knorpel in Knochen.

2. Der Faserknorpel.

Wenn die kollagenen Fasern im Knorpel über die Grundsubstanz überwiegen und im mikroskopischen Bild schon ohne weiteres zu erkennen sind, ja dasselbe völlig beherrschen, so sprechen wir von einem Faserknorpel oder Bindegewebsknorpel. Diese

Knorpelart findet sich nur an wenigen Stellen des menschlichen Körpers, so in den Fibrocartilagines intervertebrales, in der Symphysis ossium pubis, in den Cartilagines interarticulares und an der Insertionsstelle des Ligamentum teres femoris.

Kern der Knorpelzelle

Knorpelkapsel

Fibrillenbündel

Fig. 54.

Faserknorpel aus dem Ligamentum teres femoris des Hundes.

Ca. 570 mal vergrössert.

Das mikroskopische Bild (Fig. 54) zeigt uns dichtgedrängte Bündel kollagener Fasern, die in eine nur ausserordentlich sparsam entwickelte und schwer zu erkennende hyaline Grundsubstanz eingebettet sind. Am leichtesten erkennt man letztere noch in der unmittelbaren Nähe der Knorpelzellen, die sie kapselartig umhüllt. Die Zellen sind viel spärlicher vorhanden, wie im hyalinen Knorpel und zeigen keine besonders bemerkenswerten Eigenschaften.

3. Der elastische Knorpel.

Der elastische Knorpel unterscheidet sich von den beiden vorigen sehr wesentlich dadurch, dass sich in seiner Grundsubstanz neben kollagenen Fasern auch elastische Fasern finden. Auch er zeigt nur eine geringe Verbreitung im menschlichen Körper. Er findet sich in den den Aditus laryngis umrahmenden Kehlkopfknorpeln: Cartilago epiglottica, Cartilagines corniculatae, Cartilagines cuneiformes und Processus vocales der Cartilagines arytenoideae, er findet sich ausserdem noch in der Ohrmuschel, dem äusseren Gehörgang, der Tuba Eustachii und den Cartilagines sesamoideae.

Die Grundsubstanz des elastischen Knorpels gleicht ganz der des Hyalinknorpels, auch sie enthält Kollagen neben Chondroitinschwefelsäure und Chondromukoid. Charakteristischerweise aber breitet sich in dieser Grundsubstanz ein mehr oder weniger dichtes Netz elastischer Fasern aus (Fig. 55). Die Fasern sind gewöhnlich in den Randpartien am dünnsten und gehen hier in die elastischen Fasern des Perichondriums kontinuierlich über. Nach der Mitte zu kann sich das Netzwerk bis zu einem Filz verdichten. Übrigens

können die Fasern an verschiedenen Stellen bei demselben Tier und an derselben Stelle bei verschiedenen Tieren von sehr ungleicher Dicke sein. So finden sich in dem Ohrknorpel des Menschen sehr feine, in dem des Pferdes sehr grobe elastische Fasern.

Knorpel-
zelle

Elastische
Fasern

Fig. 55.
Elastischer Knorpel aus der Ohrmuschel des Menschen.
Ca. 570 mal vergrössert.

Die Knorpelzellen zeigen keine Unterschiede von den Zellen des Hyalinknorpels, auch sie füllen ihre Knorpelhöhlen völlig aus und sind wie diese in der Peripherie platter, in der Mitte des Knorpels rundlicher. Meist liegen sie in Gruppen von zwei und drei zusammen (Fig. 55).

Auch der elastische Knorpel kann im Alter verkalken, jedoch seltener als Hyalinknorpel.

3. Das Knochengewebe.

Das Knochengewebe ist die härteste und festeste aller Bindesubstanzen und neben dem Schmelz der Zähne das härteste Gewebe des menschlichen Körpers. Diese Eigenschaften machen aber das Knochengewebe auch zu einem der wichtigsten Gewebe

des menschlichen Körpers, denn es verleiht dem Körper der höheren Tiere Halt und Festigkeit und bildet gleichzeitig um lebenswichtige Teile desselben feste, schützende Hüllen.

Wie alle Bindesubstanzen zeichnet sich auch der Knochen durch eine reichlich entwickelte Interzellularsubstanz aus, der er seine hervorragenden Eigenschaften verdankt. Während die Kalksalze im Knorpel nur einen akzidentellen Bestandteil bilden, sind sie im Knochen immer vorhanden und verleihen ihm seine hervorragende Härte. Im wesentlichen sind es Kalziumphosphat (8—9 % der Asche) und Kalziumkarbonat (1 %), welche die Knochenerde zusammensetzen. Man erhält die letztere, die die Summe der anorganischen Bestandteile darstellt, als weisse spröde bröckelige Masse von der ursprünglichen Form des Knochens, wenn man letzteren vorsichtig glüht.

Die Kalksalze sind enthalten in dem organischen Teil der Grundsubstanz, den man für sich erhalten kann, wenn man den mazerierten Knochen mit eine rverdünnten Säure z. B. 5 – 10 proz. Salpetersäure behandelt. Es werden dann die anorganischen Bestandteile gelöst und die organische Grundsubstanz bleibt zurück. Dabei verliert der Knochen nichts an Form und Dimension, nur seine Starrheit und ein Teil seiner Festigkeit geht verloren, er wird biegsam, elastisch und nähert sich in seinem physikalischen Verhalten dem Knorpel.

Die Grundsubstanz des Knochens liefert ebenso wie die des Knorpels beim Kochen Leim; dieses Ossein ist ebenso wie das Chondrin ein verunreinigtes Glutin und seine Bildung ist hier wie dort bedingt von der Anwesenheit kollagener Fasern in der Grundsubstanz. Ausser dem Kollagen enthält die letztere, ganz ähnlich wie die Knorpelgrundsubstanz ein Mukoid und ein Albumoid, das Osseomukoid und das Osseoalbumoid.

Die Knochengrundsubstanz besitzt ungefähr 25 % organische Bestandteile und ungefähr ebensoviel Wasser; mit dem Alter nehmen die mineralischen Bestandteile zu auf Kosten der beiden vorigen. Unter pathologischen Verhältnissen (Rachitis und Osteomalazie) kann sich in der Knochengrundsubstanz ein abnorm geringer Gehalt an Mineralbestandteilen finden und Weichheit, Verbiegungen und Verkrümmungen der Knochen bedingen.

Nach dem Gefüge können wir kompakten, dicht gefügten und spongiösen, schwammig gefügten Knochen unterscheiden. Beide finden sich fast immer in den einzelnen Knochen miteinander vergesellschaftet; in welcher Weise das im einzelnen Fall

geschieht, lehrt die deskriptive Anatomie. So besteht die Diaphyse der langen Knochen, die Rinde der kurzen und platten Knochen aus kompakter Knochensubstanz, die Epiphysen der langen Knochen dagegen und die Mittelpartien der kurzen und platten Knochen aus spongiöser Substanz.

Das anschaulichste Bild des Knochenbaues liefern uns dünne Sägeschnitte durch gut mazerierte Knochen, welche dann beiderseits bis zu Papierdünne abgeschliffen werden. Betrachten wir solch einen Dünnschliff durch kompakten Knochen, der parallel zur langen Achse des Knochens angelegt ist, bei schwacher Vergrösserung (Fig. 56), so fallen uns zunächst ziemlich breite, mehr oder weniger parallel zur Längsachse des Knochens verlaufende Kanäle auf. Durch quere Verbindungskanäle stehen sie miteinander in Kommunikation und bilden so ein den ganzen Knochen durchsetzendes Kanalsystem. Es sind das die Havers'schen Kanäle. Im lebenden Knochen verlaufen in ihnen die Blutgefässe, hier im mazerierten Knochen sind sie leer, denn durch die Mazeration werden ja alle Weichteile des Knochens entfernt.

Ausserdem aber erscheinen im mikroskopischen Bild zahllose kleine Höhlen von länglicher Gestalt, häufig mit feinen Ausläufern versehen; auch diese Knochenhöhlen sind aus dem eben angeführten Grunde leer, intra vitam liegt in jeder Knochenhöhle eine sie völlig ausfüllende Zelle, die Knochenzelle. Im mikroskopischen Präparat erscheinen die Knochenhöhlen bei geeigneter Präparation tief schwarz, weil sie dann mit Luft gefüllt sind, welche eine Totalreflexion der vom Spiegel her in das Präparat eindringenden Lichtstrahlen bewirkt. Die Knochenhöhlen lassen eine unverkennbare Regelmässigkeit der Anordnung erkennen. Sie liegen nämlich in Reihen neben- und hintereinander, welche parallel mit den Havers'schen Kanälen laufen.

Betrachten wir nun einen entsprechenden (quer zur langen Achse des Knochens angelegten) Knochenquerschliff (Fig. 57), so finden wir die Havers'schen Kanäle als kreisrunde oder etwas längliche Querschnitte wieder. Da die queren Verbindungskanäle fast immer, wie Fig. 56 zeigte, im spitzen Winkel zu jenen Kanälen abgehen, so erscheinen sie an einzelnen wenigen Stellen unseres jetzigen Schliffes als Verlängerung und Ausziehung des Kanalquerschnittes. Die Knochenhöhlen sind auch hier wieder gesetzmässig angeordnet und zwar ordnen sie sich in konzentrischen Kreisen resp. Ovalen um die Havers'schen Kanäle herum. Es entsteht so um

jeden Kanal herum ein abgegrenztes System konzentrischer Kreise, die, wie man bei etwas stärkerer Vergrösserung erkennt, einer konzentrischen Schichtung der Grundsubstanz ihr Dasein verdanken. Die letztere baut sich nämlich aus konzentrisch um die Kanäle angeordneten Lamellen auf und in diesen Lamellen der Grundsubstanz liegen die Knochenhöhlen. Doch nicht überall ist in unserem Schliff die Anordnung der Lamellen und mit ihr die der Knochenhöhlen konzentrisch um die Havers'schen Kanäle; sowohl oben und unten im Bild d. i. an der äusseren und inneren Oberfläche des Knochens als auch an vielen Stellen im Inneren finden wir abweichende Verhältnisse. Wir können so in der kompakten Knochensubstanz vier verschiedene Arten der Lamellenanordnung unterscheiden.

1. Speziallamellen oder Havers'sche Lamellen, sie sind konzentrisch um die Havers'schen Kanäle angeordnet und bilden um jeden derselben ein abgeschlossenes Lamellensystem, ein Havers'sches Lamellensystem. Ein jedes solches System besteht aus einer Anzahl von röhrenförmigen ineinandergesteckten Lamellen und zwar sind es meistens 8—15 einzelne Lamellen, welche ein System zusammensetzen. Diese Anordnung ist von mechanischen Gesichtspunkten aus ausserordentlich interessant, denn auf ihr beruht wesentlich die grosse Druckfestigkeit des Knochens.

2. Schaltlamellen, intermediäre oder interstitielle Lamellen; sie füllen, wie ihr Name sagt, die zwischen den vorigen übrig bleibenden Zwischenräume aus. Ihrer Herkunft nach kann man sie in echte und unechte trennen. Die ersteren stammen vom Periost ab und verlaufen deshalb parallel zu demselben, die letzteren sind die Überbleibsel rückgebildeter Speziallamellen.

3. Die äusseren Grund- (General-)lamellen verlaufen parallel mit der äusseren Oberfläche des Knochens und liegen dicht unter dem den Knochen bedeckenden Periost.

4. Die inneren Grund-(General-)lamellen bilden in ähnlicher Anordnung die innere Begrenzung des Knochens gegen die Markhöhle zu.

Die äusseren Grundlamellen werden stellenweise von Blutgefässen durchbohrt, welche vom Periost her in den Knochen eindringen. Um diese so entstehenden Volkmann'schen Kanäle liegen aber keine besonderen Lamellensysteme herum, wie um die Havers'schen Kanäle.

Benachbarte Lamellensysteme sind miteinander durch eine besondere Kittsubstanz verkittet. Da, wo diese in grösserer Menge

entwickelt ist, zeigt sie sich in Form der die Lamellensysteme umrahmenden Kittlinien (von Ebner) (Fig. 58).

Die die Systeme zusammensetzenden Lamellen bestehen aus kollagenen Fibrillen und einer die letzteren verbindenden Kittsubstanz. Die Fibrillen sind mittelst einer interfibrillären Kittsubstanz zu Bündeln vereinigt, die einzelnen Bündel werden innerhalb der Lamellen wiederum durch eine interfaszikuläre Kittsubstanz zusammengehalten. Nach der Ansicht von Ebner's finden sich die Kalksalze ausschliesslich in den Kittsubstanzen, Koelliker dagegen findet sie ausserdem noch in den Fibrillen selbst.

Die Fibrillenbündel laufen innerhalb einer jeden Lamelle parallel, sie sind gleichgerichtet, ihre Richtung wechselt aber in verschiedenen Lamellen. So kann die Verlaufsrichtung der Bündel einer gewissen Lamelle senkrecht zu der der Nachbarlamelle stehen. Ein solches Beispiel zeigt uns Figur 58. Hier sehen wir ein Speziallamellensystem, das sich gegen seine Nachbarn durch eine deutliche Kittlinie absetzt. Die Lamellen bilden konzentrische Kreise und zwar erscheint abwechselnd die

Barącz

Fig. 58 u. 59.

Stück eines Querschliffes durch die Diaphyse einer menschlichen Ulna im polarisierten Licht untersucht.

Ca. 170mal vergrössert. Man sieht ein ganzes Havers'sches Lamellensystem samt angrenzenden interstitiellen und Havers'schen Lamellen. In der Mitte ist ein Havers'scher Kanal zu sehen. Ringsum sieht man Lamellen, welche Knochenhöhlen enthalten. Zwischen den angrenzenden Systemen sind Kittlinien zu sehen; in Fig. 58 rechts unten die dunklen, schräg verlaufenden Linien = Sharpey'sche Fasern.

Fig. 58 bei nicht gekreuzten, Fig. 59 bei gekreuzten Nicol'schen Prismen.

Das dunkle Kreuz in Fig. 59 ist eine die Polarisation begleitende Erscheinung.

eine Lamelle fein gestreift, die nächste dagegen fein punktiert. Die Streifen sind der optische Ausdruck längsgetroffener Fibrillen, während die Punkte die Fibrillenquerschnitte darstellen. Es verlaufen also in der einen Lamelle die Fibrillen längs, parallel zur Achse des Havers'schen Kanals, in der nebenliegenden dagegen zirkulär, das Kanallumen umkreisend.

Betrachten wir dasselbe Präparat im polarisierten Licht, bei gekreuzten Nicols, so erhalten wir das in Fig. 59 dargestellte interessante Bild. Auf eine helle Lamelle folgt immer eine dunkle und so fort und das ganze Lamellensystem ist durchsetzt von den vier Balken eines Kreuzes, dessen Mittelpunkt der Havers'sche Kanal bildet. Auf die Entstehung dieses Kreuzes, eine die Polarisation begleitende Erscheinung, ist hier nicht weiter einzugehen. Das abwechselnde Hell und Dunkel der Lamellen erklärt sich aus bekannten optischen Eigenschaften der kollagenen Fibrillen. Sie sind positiv einachsig, die optische Achse liegt in der Längsrichtung der Fibrille, deshalb erscheinen sie bei gekreuzten Nicols im Querschnitt dunkel, im Längsschnitt hell.

Die kollagenen Fibrillen sind im erwachsenen Knochen fast überall gleich dünn, nur in der Umgebung von Knochennähten, an den Ansatzstellen von Sehnen finden sich gröbere Fibrillen. Eine solche grobfaserige Grundsubstanz charakterisiert auch den embryonalen Knochen.

Noch einer anderen Art von Fibrillen wäre schliesslich zu gedenken, die man als die Sharpey'schen Fasern bezeichnet (Fig. 58). Man versteht darunter Bündel von kollagenen, ganz unverkalkt bleibenden oder partiell verkalkten Fibrillen, welche, vom Periost ausgehend, die äusseren Grundlamellen und die echten interstitiellen Lamellen, also die Abkömmlinge des Periostes, durchbohren. Niemals kommen sie in den Speziallamellen und inneren Grundlamellen vor. In den Grundlamellen verlaufen sie meist senkrecht oder wenig schräg zur Längsachse, in den interstitiellen Lamellen dagegen kommen auch longitudinal verlaufende Fasern vor. In grösster Menge aber treffen wir sie im embryonalen Knochen. Sie können bis zu 30 μ dick werden und erscheinen an Schliffen von einem seiner Weichteile beraubten Knochen entweder als lufthaltige Röhrchen, nämlich, wenn sie ganz unverkalkt waren, oder bei partiell verkalkten Fasern als Kalkröhren mit zentraler Öffnung. Diese Sharpey'schen Fasern können begleitet sein von elastischen Fasern, die mit ihnen aus dem Periost austreten, aber auch für sich allein die äusseren Grundlamellen durchsetzen können.

Die Knochenhöhlen liegen innerhalb der Grundsubstanz der Lamellen oder an der Grenze benachbarter Lamellen und stellen ovoide Hohlräume dar (13—31 μ lang, 6—15 μ breit, 4—9 μ dick), deren längster Durchmesser in der Längsachse der Fibrillen, deren kürzester Durchmesser in den Speziallamellen radiär, in den übrigen Lamellen senkrecht zur Lamellenfläche liegt. Von den Knochenhöhlen gehen allseitig ausserordentlich zahlreiche, feine, sich ver-

Fig. 60.

Aus einem Schliff durch einen Knochen des Rehbocks.

Die Knochenhöhlen sind von der Fläche gesehen und sind sowie die Knochenkanälchen mit Farbstoff gefüllt. Stellenweise sind kleine Punkte sichtbar, welche Querschnitte der Knochenkanälchen darstellen. Ca. 850mal vergrössert.

ästelnde und verzweigende Röhrchen aus, mittelst deren nicht nur benachbarte Höhlen in Verbindung stehen, sondern auch entferntere Höhlen kommunizieren können (Fig. 60 u. 61). Wir bezeichnen sie als Knochenkanälchen oder Primitivröhrchen. Diejenigen Knochenhöhlen, welche in den äusseren oder inneren Grundlamellen der äusseren oder inneren Knochenoberfläche dicht anliegen, lassen einen Teil ihrer Ausläufer sich nach aussen unter dem Periost, resp. nach innen in den Markraum öffnen. Die

Knochenhöhlen der innersten Havers'schen Lamellen öffnen sich in den Havers'schen Kanal selbst. Es entsteht so ein die gesamte Knochensubstanz durchsetzendes, äussere und innere Oberfläche miteinander verbindendes Hohlraumsystem, das für die Ernährung des Knochens von der höchsten Bedeutung ist.

Fig. 61.

Aus einem Schliff durch einen Knochen des Rehbocks.

Die Knochenhöhlen sind von der Seite gesehen und sind, sowie die Knochenkanälchen, mit Farbstoff ausgefüllt. Ca. 850 mal vergrössert.

Wenn man dünne Knochenschliffe mit konzentrierten Säuren behandelt, so gelingt es den grössten Teil der Interzellularsubstanz zu lösen, nur eine dünne Schicht bleibt um die Knochenhöhlen und ihre Ausläufer stehen, so dass man auf diese Weise den Hohlraum körperlich isolieren kann. Es handelt sich hier um eine künstliche Kapsel, eine verdichtete, widerstandsfähigere Partie der Grundsubstanz.

In den Knochenhöhlen liegen die Knochenzellen. Da diese ihren Raum vollkommen ausfüllen, so stellen sie nach dem bisher

Ausgeführten kürbiskernähnliche Zellen dar, von deren Körper zahlreiche protoplasmatische Fortsätze ausgehen, welche die Knochenkanälchen durchsetzen. In unseren zwecks Entkalkung meist mit Säuren behandelten Schnittpräparaten des Knochens erscheinen die Ausläufer gewöhnlich abgerissen und die Zellen zu kleinen Klümpchen zusammengeschrumpft. Dass die Zellen bei den höheren Wirbeltieren mittelst ihrer Ausläufer miteinander anastomosieren ist unwahrscheinlich. Bei niederen Tieren sind solche Verbindungen sicher nachgewiesen.

Die spongiöse Knochensubstanz entspricht in ihrem feineren Bau ganz der kompakten, sie besteht aus einer Grundsubstanz mit Knochenhöhlen und Knochenzellen, nur besitzt sie keine Havers'schen Kanäle. Die gröberen Bälkchen zeigen eine lamelläre Schichtung und zwar liegen die Lamellen parallel zur breiten Fläche der Bälkchen. Bei den dünnsten Knochenbälkchen fehlt auch die Lamellenschichtung, wir können dieselben dann als isolierte Lamellen auffassen.

Über den Bau des Periosts, des Knochenmarks, über die Vaskularisation und Entwickelung des Knochens findet man das Nähere in dem Kapitel „Skelettsystem".

Das Dentin bildet eine Abart des Knochengewebes und stellt den Hauptbestandteil der Zähne dar, bei deren Schilderung es, um Wiederholungen zu vermeiden, im Zusammenhang abgehandelt werden soll.

III. Das Muskelgewebe.

Wenn auch die Fähigkeit auf äussere Reize durch Kontraktionen zu reagieren jedem Protoplasma eigen ist, so ist in dem Muskelgewebe diese Eigenschaft doch in ganz besonderem Masse und auch in besonderer Richtung entwickelt, so dass wir es auch als das kontraktile Gewebe par excellence bezeichnen können. Die Muskelzelle, das das Muskelgewebe konstituierende Element, antwortet auf einen Reiz immer mit einer Verkürzung, sie kontrahiert sich immer in einer bestimmten Richtung und diese Eigenschaft ist begründet in der spezifischen Längsordnung ihrer Kontraktionseinheiten. Diese letzteren finden sich in Form langer Fäden, der kontraktilen Fibrillen, innerhalb der Muskelzellen. Sie sind differenziert aus dem ursprünglich indifferenten Zellprotoplasma

und auch noch in eine mehr oder weniger beträchtliche Menge desselben eingebettet. Sie sind entweder in ihrer ganzen Länge anisotrop oder es wechseln anisotrope und isotrope Partien miteinander ab. Diese letztere Eigenschaft verleiht der kontraktilen Fibrille eine regelmässige Querstreifung, die natürlich der total anisotropen Fibrille nicht zukommt und wir können deshalb die Muskeln in glatte und quergestreifte einteilen.

1. Das glatte Muskelgewebe.

Die glatte Muskulatur stellt ein im Körper weitverbreitetes, aber nur selten in grösseren kompakten Massen, sondern meist in Form von Häuten auftretendes Gewebe von gelblichweisser Farbe dar, welches sich aus lauter einzelnen Zellen aufbaut, die wir als glatte Muskelzellen oder kontraktile Faserzellen bezeichnen.

Fig. 62.

Vier glatte Muskelzellen aus dem Magen eines Frosches.

Durch 33% Kalilauge isoliert. In der Mitte jeder Zelle liegt ein ovaler Kern; an beiden Enden der Kerne ist die Ansammlung des körnigen Protoplasmas zu sehen. Ca. 400 mal vergrössert.

Die glatte Muskelzelle hat meist die Form langer spindelförmiger Zylinder oder Prismen von rundem oder unregelmässig eckigem Querschnitt (Fig. 62). In der Mitte ist die Zelle am dicksten, nach beiden Enden zu ist sie spitz ausgezogen oder abgeschrägt. Die Länge kann beim Menschen zwischen 15 μ in den Gefässen und 200 μ im Darm schwanken. Noch wesentlich längere Zellen finden sich bei Amphibien, bei denen sie selbst über 1 mm lang werden können. Die Dicke schwankt zwischen 4 und 7 μ.

In jeder Zelle findet sich und zwar in der Zellmitte gelagert ein länglicher Kern mit sehr schönem Chromatinnetz und mehreren meist recht grossen Nukleolen. Dicht neben dem Kern, meist in einer Einbuchtung der Längsseite gebettet, liegt ein aus zwei Zentralkörpern bestehendes Mikrozentrum (von Lenhossék, Zimmermann). Die Form des Kernes ist in hohem Grade ab-

hängig von dem Kontraktionszustand der Zelle, in der ruhenden Zelle erscheinen seine Konturen glatt, in der kontrahierten dagegen eingeknickt und gefältelt.

In der Nähe des Kernes findet sich in der Zelle nur eine ganz geringe Menge unveränderten Protoplasmas, das wir als Sarkoplasma bezeichnen. Und zwar ist es angeordnet in der Zellachse in Form von zwei längeren oder kürzeren, schmalen Zipfeln, die von den beiden Polen des Kernes ausgehen. Ausserdem findet sich das Sarkoplasma noch in Form von feineren und gröberen Körnchen in der alleräussersten Peripherie der Zelle, eingelagert in eine homogen erscheinende, ganz minimal dünne Sarkoplasmaschicht, welche die Zelle membranartig nach aussen abschliesst und als Sarkolemma bezeichnet werden kann.

Fig. 63.

Stück eines Längsschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes.

Ca. 530 mal vergrössert.

Der ganze übrige Binnenraum der glatten Muskelzelle ist ausgefüllt mit den parallel zur Zellachse verlaufenden kontraktilen Fibrillen. Es sind das dünne und zwar in ihrer ganzen Länge gleich dünne Fäden, deren Durchmesser zwischen 0,3 und 1,0 μ schwankt (Engelmann, Schultz). Sie liegen ausserordentlich dicht und lassen feinere Strukturdetails nicht erkennen. Von verschiedener Seite (Heidenhain, Benda) sind ausserdem noch besondere Grenzfibrillen beschrieben worden, die sich nur in der Peripherie der Zellen, dicht unter dem Sarkolemm finden und durch besondere Dicke sich auszeichnen sollen.

Von zahlreichen Beobachtern sind Verbindungen der glatten Muskelzellen untereinander beschrieben worden in Form der sogen. Zellbrücken (Kultschitzky, Barfurth, Klecki, de Bruyne, Bohemann, Triepel). Von anderer Seite ist dagegen ihre Existenz geleugnet worden (Garnier, Schaffer, von Lenhossék, Henneberg). Man sieht allerdings recht häufig in unseren, mittelst der verschiedensten Reagentien behandelten Präparaten die Zellen

mit Dornen oder Stacheln besetzt (Fig. 63 u. 65), in anderen Präparaten dagegen sind die Zellkonturen ganz glatt (Fig. 64). Letztere Form des Zellkonturs erhält man aber immer an dem ganz ungeschrumpften Querschnitt und wir müssen uns deshalb denjenigen Autoren anschliessen, die diese Zellbrücken für Kunstprodukte ansprechen.

Fig. 64. Fig. 65.

Fig. 64.

Stück eines Querschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes.

Die Interzellularbrücken sind hier nicht zu sehen. Ca. 800mal vergrössert.

Fig. 65.

Stück eines Querschnittes der Muskelschicht eines Hundedickdarmes.

Die Interzellularbrücken sind hier bei d zu sehen. Ca. 800mal vergrössert.

a) Querdurchschnittene Zelle in der Gegend des Kernes. b) Querdurchschnittene Zelle in der Nähe des Endes. c) Kern der Bindegewebszelle. d) Interzellularbrücken.

Sicher ist, dass ein ausserordentlich fester Zusammenhang der glatten Muskelzellen an ihren Enden statthat. Ob dieser Zusammenhang aber durch eine besondere Kittsubstanz oder durch direkte Kontinuität (Rouget) erfolgt, ist bis jetzt noch fraglich. Nach Benda beruht dieser Zusammenhalt darauf, dass die Grenzfibrillen von einer Zelle in die andere übertreten.

Die Kontraktion der glatten Muskelzellen erfolgt sehr langsam, sie ist bis auf ganz wenige Fälle dem Willen nicht unterworfen.

Das glatte Muskelgewebe findet sich in weiter Ausdehnung in der Wand der Arterien und Venen, in der Wand des gesamten Magen-Darmrohrs vom unteren Teil des Ösophagus bis zum unteren Teil des Mastdarms, in der Trachea und den Bronchien, in den

Ausführwegen der Harn- und Geschlechtsorgane, in manchen Drüsen, in der Haut. Aus ihm bestehen bei den Säugetieren und dem Menschen die Binnenmuskeln des Auges.

2. Das quergestreifte Muskelgewebe.

Während die kontraktile Fibrille bei dem glatten Muskelgewebe in ihrer ganzen Länge dieselbe Anisotropie zeigt, setzt sie sich bei dem quergestreiften Muskelgewebe aus anisotropen und isotropen Abschnitten in regelmässiger Folge zusammen. Dadurch dass die Fibrillen innerhalb der Faser eng und dergestalt aneinander gelagert sind, dass immer Abschnitte von gleicher Lichtbrechung auch nebeneinander angeordnet sind, laufen über die quergestreifte Muskelfaser helle und dunkle Bänder in regelmässiger Folge und bewirken so das charakteristische Bild der Querstreifung.

Während bei den Skelettmuskeln jede Faser ein in sich abgeschlossenes Ganze bildet, über dessen Bereich keine Fibrille hinausgeht, treten bei den Herzmuskeln die Fibrillen aus einer Faser in die andere über, so dass die ganze Herzmuskulatur schliesslich ein Synzytium mit eingelagerten Fibrillen darstellt. Wir wollen diese beiden Unterarten der quergestreiften Muskulatur einzeln für sich betrachten.

a) Das quergestreifte Muskelgewebe des Skeletts.

In der Skelettmuskulatur zeigt das Muskelgewebe die weitgehendste Differenzierung, es besteht hier aus lauter diskreten Fasern, die untereinander keine Verbindung eingehen und sich deshalb durch alle möglichen Mazerationsmittel auch leicht und in ihrer ganzen Länge isolieren lassen.

Diese Fasern können ungleich viel länger werden, als die glatten Muskelzellen, sie können bei kleinen Muskeln den Muskel in seiner ganzen Länge durchsetzen, bei grösseren Muskeln dagegen erreichen sie nie die Länge des Muskels. Man hat Muskelfasern bis zu 12 cm Länge gemessen. Ausserordentlich schwankend ist der Durchmesser der Fasern, doch dürfte er 80—100 μ wohl niemals übersteigen.

Da der Querschnitt der Muskelfaser fast nie völlig rund, sondern unregelmässig polygonal ist mit stark abgestumpften Ecken, so stellt die Faser ein langes Prisma dar, dessen Längsdurchmesser den Querdurchmesser bei weitem, um das hundert- oder tausend-

fache übertrifft. Die beiden Enden eines jeden Prismas erweisen sich als plump zugespitzt oder kurz abgeschrägt (Fig. 66).

Eine jede Muskelfaser der höheren Tiere hat den Wert einer einzigen Zelle. Sie entwickelt sich aus den Zellen gewisser Abschnitte des Ursegments, welche wir als Muskelblatt oder Myotom bezeichnen. Jedes Myotom besteht aus zylindrischen Zellen, den Myoblasten. Sie sind ursprünglich einkernig, werden aber durch fortgesetzte Kernteilung, der eine Teilung des Zellkörpers nicht nachfolgt, mehr- und schliesslich vielkernig. Dabei wächst die Zelle stark in die Länge und die Kerne ordnen sich zu einer die Achse des Zylinders bildenden Kernsäule. Nun beginnt der Prozess der Fibrillendifferenzierung und zwar zuerst in der Zellperipherie, so dass in einem gewissen Stadium die Muskel-

Freies Ende der Faser
Sarkolemma Sarkoplasma Kern Quergestreifte Fibrillen

Fig. 66.

Muskelfaserstück aus einem quergestreiften Muskel des Frosches.

Ca. 300 mal vergrössert.

faser von einem Mantel quergestreifter, längsverlaufender Fibrillen umgeben ist. In der Folge schreitet dann unter fortwährender Längenzunahme der Faser die Fibrillenbildung immer mehr nach innen zu fort. Dabei werden bei den Säugetieren und beim Menschen die Kerne nach und nach peripher verdrängt und kommen aussen auf den Fibrillenzylinder zu liegen innerhalb einer Schicht von Protoplasma, die die ganze Faser umhüllt und als Sarkolemma bezeichnet wird.

Wir hätten also an einer entwickelten Muskelfaser folgende einzelnen Bestandteile zu unterscheiden (Fig. 66): das unveränderte Protoplasma, hier Sarkoplasma genannt, die periphere Ausbreitung des vorigen, welche die äussere Begrenzung bildet, Sarkolemma genannt, die Muskelkerne und schliesslich als wichtigsten Bestandteil die kontraktilen quergestreiften Fi-

brillen. Wir wollen diese Bestandteile nun im einzelnen besprechen.

Über die Anordnung des Sarkoplasmas in der Muskelfaser orientieren uns am besten Querschnitte, wie sie die Fig. 67, 68 und 69 darstellen. Hier erscheint der gesamte Querschnitt von einem recht regelmässigen Maschenwerk durchzogen, das von einer äusseren Konturlinie ausgeht. Dieses Maschenwerk stellt das Sarkoplasma, die Konturlinie das Sarkolemm vor. Wir sehen wie die Sarkoplasmabälkchen meist mit etwas verbreiterter Basis in dem Sarkolemma wurzeln oder mit anderen Worten, das Sarkolemma besteht aus den Fusspunkten der Sarkoplasmabälkchen, die miteinander durch eine Schicht Sarkoplasma verbunden werden. Durch diese regelmässige Anordnung des Sarkoplasmas wird der ganze Muskelfaserquerschnitt in eine grosse Anzahl kleiner polygonaler Felder zerlegt, die wir nach ihrem Entdecker als die Cohnheim'schen Felder bezeichnen.

In den Knotenpunkten dieses Sarkoplasmanetzwerkes finden sich vielfach Einlagerungen von Körpern, die, wie Fig. 69 zeigt, sich in anderer Weise färben, wie das Sarkoplasma und die wir als die interstitiellen Körner bezeichnen. Sie sind in den verschiedenen Muskeln von sehr verschiedener Häufigkeit, bald spärlich, bald ausserordentlich massenhaft, wie z. B. in den Fasern der Augenmuskeln (Fig. 68) entwickelt. Setzt man zu dem frischen Querschnitt des Muskels destilliertes Wasser zu, so quellen diese Körner stark auf, sie verschwimmen und nun sieht man, wie in vielen von ihnen stark glänzende kleinere oder grössere Tröpfchen zum Vorschein kommen, welche nach ihrem Verhalten zu Osmiumtetroxyd und zu den indifferenten Farbstoffen Fettröpfchen sind (Fig. 67). Wie der Gehalt an interstitiellen Körnern, so ist auch der Gehalt an Fett in den verschiedenen Muskeln und in den einzelnen Fasern desselben Muskels ausserordentlich verschieden.

Im Längsschnitt sehen wir in den Fig. 70 u. 71 näheres über die Lagerung der interstitiellen Körnchen. In der einen Faser finden wir sie spärlich und über die ganze Faser zerstreut, in der anderen sind sie in grosser Menge vorhanden, aber in ganz bestimmter regelmässiger Weise angeordnet.

Doch nicht immer ist die Anordnung der Sarkoplasmabälkchen eine so regelmässige. Fig. 68 zeigt uns einen Querschnitt durch die Faser eines Augenmuskels und hier sehen wir das Sarkoplasma in Form dicker Balken, welche, zum Teil von Sarkolemma ausgehend, den Querschnitt durchsetzen. Man hat nach dem Gehalt

an Sarkoplasma die Muskelfasern in sarkoplasmaarme oder helle und in sarkoplasmareiche oder trübe Fasern unterschieden, doch liegt das helle oder trübe Aussehen der Fasern sicherlich noch in anderen Momenten begründet als im Sarkoplasmareichtum.

Aus diesen Bildern, welche uns Muskelfaserquerschnitte liefern, können wir folgern, dass das Sarkoplasma innerhalb der Muskelfaser längsgerichtete Septen bildet, welche sich aus dem Sarkolemma erheben, radiär nach innen strahlen und sich zu einem Wabenwerk vereinigen, welches man am besten mit stark in die Länge gezogenen Bienenwaben vergleichen kann. In diesen Längswaben drin liegen dann, zu Bündeln vereinigt, die kontraktilen Fibrillen.

Das Sarkolemma umhüllt die Muskelfasern allseitig. Aus ihm erheben sich die Sarkoplasmabälkchen. An der frischen Muskelfaser gelingt es unschwer dasselbe als besondere Membran zu isolieren, wenn man durch chemische oder mechanische Insulte die quergestreifte Substanz zerstört. Dann erhält man es als ganz oder teilweise leeren Schlauch. Das beweist uns zweierlei, einmal dass das Sarkolemma viel widerstandsfähiger ist als das Sarkoplasma, dichter gefügt, vielleicht auch chemisch verändert; und zweitens zeigt es uns, dass das Sarkoplasma nur eine sehr weiche Konsistenz haben muss.

Die Kerne der Muskelfasern sind meist länglich oval; über ihren Bau ist nichts Besonderes zu berichten, dagegen wollen wir ihre Lagerung etwas näher betrachten. Bei den Säugetieren und dem Menschen liegen sie dicht unterhalb des Sarkolemmas, also ganz peripher, nach innen zu von einer kaum merklichen Sarkoplasmaschicht bedeckt. Bei allen übrigen Wirbeltieren dagegen finden sie sich sowohl unter dem Sarkolemm, als auch überall durch das Innere der Faser zerstreut und zwar sind sie in dem letzteren Falle immer von einer geringeren oder grösseren Menge von Sarkoplasma umgeben (Fig. 72). Auch beim Menschen ist die ausschliesslich periphere Lagerung der Kerne nicht so ganz strikt durchgeführt. Fast in jedem Muskel wird man ab und zu einmal eine Faser mit einem oder mehreren zentralen Kernen finden und in den Augenmuskeln ist das ein ganz gewöhnliches Vorkommnis. Ebenso findet sich dieses Verhalten in den roten Muskeln. Rot sehen beim Menschen alle Muskeln aus, wenigstens zeigen sich in dieser Beziehung bei ihm nur geringe Verschiedenheiten, beim Kaninchen aber haben wir ganz exquisit rote (Semitendinosus) und daneben ganz blasse Muskeln (Adductor magnus). In den

Erläuterung zu Tafel VIII.

Fig. 67.

Querschnitt durch eine Muskelfaser des Musc. gastrocnemius der Katze. Färbung mit Hämalaun und Sudan III. In den interstitiellen Körnchen rote Fettröpfchen. (Helle Muskelfaser.)

Ca. 800 mal vergrössert.

Fig. 68.

Querschnitt durch eine Faser des Musc. rectus oculi superior. Färbung mit Hämalaun. Die interstitiellen Körperchen, sehr stark entwickelt, bilden zum Teil breite Streifen im Querschnitt. (Trübe Muskelfaser.)

Ca. 800 mal vergrössert.

Fig. 69.

Querschnitt durch eine Faser des Musc. triceps femoris von Salamandra maculata. Färbung mit Kresylviolett. Interstitielle Körperchen blau, Sarkoplasma und Kerne tiefrot, quergestreifte Substanz der Muskelsäulchen (Cohnheim'sche Felder) hellrot.

Ca. 800 mal vergrössert.

Fig. 70.

Faser des Musc. masseter vom Kaninchen im Längsschnitt. Fixation in Formalin, Färbung in Kresylviolett. Die etwas geschrumpften, blau gefärbten interstitiellen Körperchen liegen regelmässig meist zu zweien innerhalb der isotropen Scheiben.

Ca. 1200 mal vergrössert.

Fig. 71.

Faser des Musc. rectus medialis des Kaninchens im Längsschnitt. Fixatio in Formalin, Färbung in Kresylviolett. Die interstitiellen Körperchen liegen ganz unregelmässig. *Q* Querscheibe, *h* Mittelscheibe, *Z* Zwischenscheibe, *J* isotrope Scheiben.

Ca. 1200 mal vergrössert.

ersteren findet man häufiger zentrale Kerne, als in den letzteren, sonst unterscheiden sich die Fasern beider Muskelarten in nichts, nur die Blutgefässanordnung und der Reichtum an Blutgefässen ist in beiden verschieden (Ranvier).

Wir wenden uns nun zum wichtigsten Bestandteil der Muskelfaser, zur kontraktilen Fibrille. Die Fibrillen liegen, wie oben schon ausgeführt, innerhalb der Cohnheim'schen Felder oder besser gesagt der Gesamtquerschnitt einer bestimmten Anzahl

Fig. 72.

Querschnitte von quergestreiften Muskelfasern.

A Vom Menschen, B vom Frosch. Ca. 350mal vergrössert. Es tritt hier das Verhältnis der Muskelkerne zum Sarkolemm hervor.

zusammengelagerter Fibrillen ist ein Cohnheim'sches Feld. Die Fibrillen liegen niemals isoliert, sondern sind immer in grösserer Zahl miteinander zu Bündeln vereinigt, welche man als Muskelsäulchen (Koelliker) bezeichnet. Jedes Muskelsäulchen wird von seinen Nachbarn durch Sarkoplasma getrennt und was wir als Cohnheim'sche Felder kennen gelernt haben entspricht den Querschnitten dieser Muskelsäulchen. Innerhalb der Säulchen lässt sich eine die Fibrillen trennende Substanz nicht nachweisen, sollte sie vorhanden sein (Rollett), so müsste sie jedenfalls gänzlich anderer Natur sein, als das Sarkoplasma.

Die Fibrillen stellen lange, vollkommen glatte, allerfeinste Fäden dar. Wenn ihr Durchmesser gewöhnlich auf 1,0—1,5 μ angegeben wird, so ist das nach unseren Erfahrungen viel zu hoch gegriffen, 0,2 μ dürfte eher das Richtige treffen. Fig. 73 zeigt die

Fibrillen nicht mehr glatt, hier sind sie schon durch Reagenswirkung mehr perlschnurähnlich geworden.

Untersuchen wir die Fibrillen bei starker Vergrösserung, so sehen wir, dass sie alternierend aus helleren und dunkleren Abschnitten bestehen und zwar erhalten wir bei hoher Einstellung helle breitere und dunklere schmälere Abschnitte, bei tiefer Einstellung dagegen dunkle breite und helle schmälere Abschnitte (Fig. 70, 71 u. 73). Untersuchen wir die Fibrillen unter dem Polarisationsmikroskop, so erscheinen bei gekreuzten Nicols die breiteren Abschnitte hell in dunklem Feld, sie sind also doppeltbrechend, anisotrop, die schmäleren Abschnitte dagegen erweisen sich als einfachbrechend, isotrop.

Fig. 73.

Ein in Fibrillen zerfallenes Muskelfaserstück des Frosches.

Ca. 650mal vergrössert.

Ganz starke Vergrösserungen decken uns aber noch weitere Details in dem Bau der Fibrillen auf. Wir erkennen da, dass der breite anisotrope Abschnitt, den wir von nun an als Querscheibe (Q) bezeichnen wollen, in seiner Mitte einen weiteren hellen Streifen zeigt, der einfachbrechend, isotrop ist, es ist das die von Hensen entdeckte Mittelscheibe (h) (Fig. 71). Ein ganz ähnliches Verhalten zeigt auch der isotrope Abschnitt. Er wird durch eine ziemlich feine anisotrope Linie, die von Amici entdeckte Zwischenscheibe (Z) in zwei isotrope Hälften zerlegt (Fig. 70, 71 u. 73).

Da diese einzelnen Scheiben in der Wirbeltierfibrille immer genau in derselben Anordnung aufeinander folgen, so können wir uns dieselbe aus zahlreichen hintereinander angeordneten Gliedern zusammengesetzt denken. Jedes Glied beginnt mit einer isotropen Scheibe (J), dann folgt eine anisotrope Hälfte der Querscheibe (Q), auf sie die isotrope Mittelscheibe (M) und nun die zweite Hälfte der

anisotropen Querscheibe (Q). Den Abschluss bildet wieder eine isotrope Scheibe (J). Zwei benachbarte Glieder werden schliesslich verbunden durch eine anisotrope Zwischenscheibe (Z).

Noch komplizierter gestalten sich die Verhältnisse bei den Muskelfasern vieler Arthropoden; ausgezeichnete Bilder liefert z. B. der in jedem gut bewachsenen Wassertümpel zu treffende schwarze Wasserkäfer, Hydrophilus piceus. Hier erscheint nämlich jede der beiden isotropen Scheiben (J) noch einmal gespalten durch eine weitere anisotrope Scheibe, die man als Nebenscheibe (N) bezeichnet hat (Fig. 74).

Fig. 74.

Schema der Querstreifung des Käfer muskels nach Rollett.

I bei hoher, II bei tiefer Einstellung des Objektivs; Q Querscheibe, h Mittelscheibe (Hensen'sche Scheibe), J isotrope Substanz, N Nebenscheibe, E isotrope Substanz (Endscheibe), Z Zwischenscheibe.

Die einzelnen Abschnitte der Fibrille, die einzelnen Scheiben zeigen ein verschiedenes Verhalten gegen verdünnte Säuren, die einen quellen mehr als die anderen, so dass die unter normalen Verhältnissen ganz glattrandigen Fibrillen nun die Form von Perlenstäben annehmen. Am stärksten quillt dabei die Querscheibe. Wird die Säurewirkung intensiver, so spaltet sich die Querscheibe der Quere nach und es zerfällt so eine jede Fibrille in einzelne übereinandergeschichtete Scheiben, die wie die Stücke in einer Geldrolle liegen und von denen jedes als Mittelstück eine intakte Zwischenscheibe hat.

Eine andere Art des Scheibenzerfalls ist zuerst von Bowman beschrieben und später durch die hervorragenden Untersuchungen Rollett's genauer analysiert worden. Lässt man Käfermuskeln längere Zeit in starkem (93 %) Alkohol liegen, so tritt unter Umständen nach 24—48 Stunden ein Zerfall der ganzen Muskelfaser in übereinandergeschichtete Scheiben auf, die sog. Bowman'schen Discs. Dabei bleibt die Querscheibe und vor allem die Zwischenscheibe

immer intakt und die Trennung erfolgt innerhalb der isotropen Scheiben entweder zwischen Z und N oder zwischen Q und N. Nach Rollett beruht die Widerstandsfähigkeit der Zwischenscheibe auf einer innigen Verbindung derselben mit dem Sarkoplasma und in der Tat zeigt uns ja auch unsere Fig. 70, wie sich die dem Sarkoplasma angehörigen interstitiellen Körnchen in vielen Muskelfasern mit grösster Regelmässigkeit um die Zwischenscheibe herum gruppieren.

Fig. 75.

Seitliche Kontraktionswelle von Cassida equestris nach Rollett.

Die Bildung des Kontraktionsstreifens ist gut zu sehen. Links die dicken, schwarzen Streifen = Kontraktionsstreifen. Sehr starke Vergrösserung.

Von hervorragender Bedeutung für die Physiologie ist nun das Verhalten der einzelnen Schichten bei der Kontraktion. Es nimmt dabei der Querschnitt der Faser an Umfang zu und die einzelnen Schichten werden schmäler. Die Verschmälerung betrifft vor allem die isotropen Scheiben, welche zwischen Z und N liegen und geht so weit, dass Z und die beiden ihm benachbarten N zunächst zu einer einzigen Scheibe verschmelzen. Dann aber geht der Verschmelzungsprozess noch weiter, indem die beiden noch vorhandenen isotropen Scheiben ebenfalls verschwinden und die anisotropen Abschnitte benachbarter Querscheiben zu einem neuen Gebilde verschmelzen, welches wir als Kontraktionsstreifen bezeichnen. Wir haben dann in regelmässigem Wechsel nebeneinander isotrope und anisotrope Scheiben. Es wächst dabei die anisotrope Substanz auf Kosten

der isotropen, was wahrscheinlich auf einem Wasseraustritt aus der letzteren in die erstere beruht.

Fig. 75 zeigt uns diese Verhältnisse an der Muskelfaser eines Schildkäfers und zwar an einer Stelle, wo gerade die Nervenfaser zur Muskelfaser herantritt. Hier hat sich eine seitliche Kontraktionswelle gebildet, nur der dem Nervenendhügel unmittelbar anliegende Teil der Fibrillen zeigt die Erscheinung der Kontraktion und zwar so, dass die periphersten Fibrillen am stärksten kontrahiert sind, während die zentralgelegenen ganz erschlafft erscheinen. Man kann so die Veränderungen der einzelnen Schichten auf das schönste verfolgen.

Nach der zuerst von Engelmann aufgestellten Hypothese beruht der ganze Kontraktionsvorgang auf einer Quellung, die anisotrope Substanz quillt auf Kosten der isotropen und wesentlich in querer Richtung, senkrecht zur Fibrillenlängsachse. Dabei büsst sie zu einem grossen Teil ihre Doppelbrechung ein.

Das Wachstum des Muskels geht auf zweierlei Weise vor sich, einmal nehmen seine Fasern an Länge und Dicke zu und zwar dadurch, dass die Fibrillen in die Länge wachsen und sich der Länge nach spalten, wodurch also gröbere und fibrillenreichere Fasern entstehen. Ferner werden aber auch neue Fasern gebildet durch Längsspaltung vorhandener. Die Faser, welche sich zur Spaltung anschickt, ist dadurch charakterisiert, dass sich ihre Kerne in 2—4 Längsreihen anordnen (Weismann'sche Kernreihenfasern). Dann erfolgt die Längsspaltung zwischen den Kernreihen, die entstandenen Tochterfasern können sich nach einiger Zeit wiederum spalten und es entstehen so Bündel eng zusammengelagerter Muskelfasern, die von einer gemeinsamen Bindegewebsscheide umhüllt werden. Solche Weismann'sche Bündel trifft man nicht nur beim Embryo und beim Kinde, sondern auch beim Erwachsenen, denn es ist höchst wahrscheinlich, dass während des Lebens Muskelfasern fortwährend zugrunde gehen und durch neue ersetzt werden, die in obiger Weise durch Längsspaltung entstanden sind.

Die Regeneration des Muskels bei geringen Substanzverlusten geht vom Sarkoplasma aus, dasselbe vermehrt sich neben gleichzeitiger Vermehrung der Kerne durch indirekte Teilung. Aus diesem so gebildeten Sarkoplasma differenzieren sich dann die kontraktilen Fibrillen.

Das quergestreifte Gewebe der Skelettmuskeln findet sich ausser in letzteren noch in den Muskeln der Augenhöhle, den Muskeln der

Paukenhöhle, im obersten Abschnitt des Verdauungs- und Atmungstraktes, also in der Zunge, dem Schlundkopf, dem Kehlkopf und dem oberen Teil des Ösophagus, an den Geschlechtsorganen und am Mastdarmende. Alle diese Muskeln sind dem Willen unterworfen, mit Ausnahme der Ösophagusmuskeln und des Musc. cremaster externus.

b) Das quergestreifte Muskelgewebe des Herzens.

Die Herzmuskulatur des Menschen und der Säugetiere besteht aus Fasern, welche in ihrem Verlauf eine ausserordentlich weitgehende Längsspaltung erfahren. Indem sich nun die Teiläste benachbarter Fasern miteinander verbinden, zusammenfliessen, entsteht eine Art von Plexusbildung, welche für das Herzmuskelgewebe ausserordentlich charakteristisch ist (Heidenhain).

Auch diese Fasern bestehen, wie alle anderen Muskelfasern aus Kernen, Sarkoplasma, Sarkolemma und kontraktilen Fibrillen. In ihren Verlauf sind besondere Unterbrechungen der Fibrillen oder der ganzen Fasern eingelagert, die man früher als Schaltstücke bezeichnet hat. Behandelt man Herzmuskulatur mit starker Kalilauge, so kann man sie in einzelne kurze, zylindrische

Fig. 76.

Aus einem Längsschnitte durch den menschlichen Herzmuskel.

Es sind zwei Zellen zu sehen, die linke besitzt eine Abzweigung. Ca. 500 mal vergrössert.

Fig. 77.

Zwei Herzmuskelzellen vom Frosche, in Kalilauge isoliert.

In der oberen Zelle ist ein, in der unteren sind zwei Kerne zu sehen; an den Enden der Kerne ist das körnige Sarkoplasma angesammelt. Ca. 700 mal vergrössert.

Stücke zerlegen, die meistens einen oder mehrere Kerne enthalten und die man früher als Herzmuskelzellen (Fig. 76) bezeichnet

hat. Man hatte da als Analogie die Herzmuskelzellen der Amphibien im Auge (Fig. 77), die verzweigte spindelige, quergestreifte Zellen darstellen. Heute dürfen wir diese bei den Säugetieren isolierbaren Stücke nicht mehr als Zellen bezeichnen, da ihnen in vielen Fällen ein Kern fehlt.

Die gegenseitige Verbindung der Herzmuskelfasern zu einem Plexus zeigt uns nach den Untersuchungen von M. Heidenhain, dem wir in

Fig. 78. Fig. 79.

Fig. 78. Schema der Verzweigung der Herzmuskelfasern des Menschen. Die Sternchen bedeuten die Stellen, wo die Bündel in benachbarte Schnittebenen abbiegen (Kopie nach Heidenhain).

Fig. 79. Herzmuskelfasern des Menschen mit Schaltstücken. (Kopie nach Heidenhain.)

unserer Darstellung folgen, in schematischer Weise Fig. 78. Wir sehen, wie die gröberen Fasern sich in feinere spalten und sich mit benachbarten wieder vereinigen, sowohl in einer Ebene, als in verschiedenen Ebenen. Zwischen den Fasern bleiben dabei

Lücken übrig, welche durch Bindegewebe ausgefüllt werden und die Blutkapillaren beherbergen.

Da, wo sich eine Faser spaltet oder wo zwei Fasern zusammenfliessen, treten dunkle Querlinien auf, die Schaltstücke oder Kittstreifen. Sie stellen Platten von 1—1,7 μ Dicke dar und sehr verschiedener Breite (Fig. 79). Bald gehen sie durch die ganze Dicke einer Faser hindurch, bald erstrecken sie sich nur über einen Teil des Faserquerschnittes, ja sie können sogar nur die Breite

Fig. 80.

Fig. 81.

Fig. 80. Die Verbindung zweier Herzmuskelzellen von einem ödematösen menschlichen Herzmuskel.

Bei b sind fadenförmige Ausläufer zu sehen, welche die Primitivfibrillen zweier Nachbarzellen (a, a) verbinden. Sehr starke Vergrösserung.

Fig. 81. Aus einem Querschnitt durch den Herzmuskel des Menschen.

Ca. 800 mal vergrössert.

einer einzigen kontraktilen Fibrille besitzen. Häufig lagern sie sich so aneinander, dass sie den Faserquerschnitt treppenförmig durchsetzen. Sie bestehen aus kurzen Stäbchen (Fig. 80), welche in den Verlauf der Fibrillen eingeschaltet sind und sind nach Heidenhain undifferenzierte, quergestreifte Substanz, von der aus das Wachstum der Muskelfaser erfolgt. Hat das Schaltstück eine gewisse Dicke überschritten, so wird es in einen adäquaten Teil kontraktiler Fasersubstanz umgewandelt.

Die Fasern bestehen aus Fibrillen, die in ihren Dimensionen und in dem optischen Verhalten ihrer Scheiben ganz den Fibrillen der Skelettmuskeln gleichen. Deshalb sei auf das dort gesagte verwiesen.

Die Kerne liegen meistens in der Achse der Fasern von Sarkoplasma umgeben. Das letztere bildet ähnlich wie bei den glatten Muskelzellen, nur in grösserer Mächtigkeit, einen axialen, sich jederseits an die Kerne anschliessenden Strang. Von diesem zentralen Sarkoplasmastrang strahlen radiär Sarkoplasmasepten nach der Peripherie und ordnen so die kontraktilen Fibrillen zu bandförmigen Längsbündeln, die wieder durch Sarkoplasmabrücken in einzelne Muskelsäulchen zerfallen (Fig. 81).

Die Herzmuskelfasern sind von einem Sarkoplasma überkleidet, das, wie das Sarkolemm der Skelettmuskelfasern, eine protoplasmatische Rindenschicht darstellt, die die Zelle nach aussen abgrenzt. Es hängt nach Hoche und Heidenhain mit der Zwischenscheibe (Z) der kontraktilen Fibrillen sehr fest zusammen.

IV. Das Nervengewebe.

Das Nervengewebe setzt sich zusammen aus Zellen, deren hervorstechendste morphologische Eigentümlichkeit darin besteht, dass von ihrem Körper Fortsatzbildungen ausgehen, deren Zahl, Verbreitung und Längenausdehnung ausserordentlich grossen Schwankungen unterliegen. Alle Zellen des Nervengewebes sind ursprünglich gleichwertige fortsatzlose Bestandteile des äusseren Keimblatts. Wenn sich das letztere zum Medullarrohr geschlossen hat, erfolgt in den seine Wand in mehrfacher Schicht zusammensetzenden Zellen eine durchgreifende Sonderung. Die einen bilden sich zu den typischen Nervenzellen um, wir bezeichnen sie als Neuroblasten, die anderen dagegen übernehmen die mehr untergeordnete Rolle von Stützelementen, wir bezeichnen sie als Spongioblasten.

Die Neuroblasten sind anfangs von runder Form und besitzen einen ziemlich grossen rundlichen Kern. In seiner Nähe bilden sich in dem Zellkörper Fasern aus, die netzförmig miteinander verbunden sind. Es sind das die Neurofibrillen. Das Neurofibrillennetzwerk nimmt immer mehr zu, während die Zelle ihre Form verändert und birnförmig wird. Es durchdringt den ganzen Zellkörper, umhüllt den Kern und dringt auch als dickes Bündel in den verschmälerten, zur Peripherie des Nervenrohres hingerichteten Teil des Zellkörpers ein. Dann verlängert sich dieser Teil des Zellkörpers immer mehr, er erreicht so die Peripherie des Nervenrohres, tritt schliesslich aus demselben aus und nimmt seinen

Weg zu einer bestimmten Muskelfaser, um sie mit der Nervenzelle zu verbinden.

Gleichzeitig mit diesem Hauptfortsatz bilden sich aber noch weitere Fortsätze des Zellkörpers, in die ebenfalls Neurofibrillen hineindringen, so dass wir schliesslich ein Zellgebilde mit zahlreichen Fortsätzen erhalten, das von Neurofibrillen nach allen Richtungen durchzogen wird. In den Fortsätzen verlaufen die Fibrillen mehr oder weniger dichtgedrängt und parallel, im Zellkörper dagegen treten sie zu Netzbildungen zusammen.

Die Fortsätze haben die Aufgabe die einzelnen Nervenzellen untereinander zu verbinden, gleichzeitig wird aber auch durch sie die Verbindung bestimmter Nervenzellen mit ihrem Endorgan — Muskelfaser, Sinneszelle — vermittelt. Diejenigen Fortsätze, welche dem Zellkörper Reize entweder von anderen Nervenzellen oder von aussen durch Vermittelung von Sinneszellen zuleiten, bezeichnen wir als Dendriten, denjenigen, in der Einzahl vorhandenen Fortsatz, welcher von der Zelle fortleitet, dagegen als Neuriten.

Der Neurit kann sich in grösserer oder geringerer Entfernung von der Zelle mit besonderen Scheiden umgeben, er wird dadurch zu einer Nervenfaser, die ihr Ende entweder in dem Zentralorgan findet oder aus demselben heraustritt. Bei den motorischen Zellen des Rückenmarks wird so der Neurit zu einer markhaltigen Nervenfaser, die aus dem Rückenmark austritt und oft lange Strecken im Körper zu durchmessen hat, um zu einer ganz bestimmten Muskelfaser zu gelangen. Die übrigen vom Körper der motorischen Zellen abgehenden Fortsätze bleiben dagegen im Rückenmark und umgeben sich nicht mit Scheiden.

Bei der sensiblen Zelle, wie sie sich in den Spinalganglien findet, umgibt sich nicht nur der Neurit, sondern auch der hier in der Einzahl vorhandene Dendrit mit Scheiden. Beide werden zu markhaltigen Nervenfasern. Der Dendrit stellt die von der Peripherie, der Haut, her in das Spinalganglion eindringende sensible Nervenfaser dar; der Neurit verlässt das Spinalganglion, um als hintere Wurzelfaser in das Rückenmark einzudringen.

Eine solche Nervenzelle mit allen ihren Fortsätzen hat man auch als ein Neuron (Waldeyer) bezeichnet. Es baut sich dann das ganze Nervensystem aus lauter einzelnen Neuronen auf. Wir können andererseits auch sagen, das Nervengewebe baut sich aus Zellen, Nervenzellen und Fasern, Nervenfasern auf, müssen aber dabei immer im Auge behalten, dass die letzteren Fortsätze der ersteren sind.

Erläuterung zu Tafel IX.

Fig. 82.

Spinalganglion der Katze. Färbung nach Biondi-Heidenhain. *uk* Ursprungskegel des Zellfortsatzes, *k* Holmgren'sches Kanälchen, *kz* Kapselzellen, *ml* markhaltige Fasern, längsgeschnitten, *mq* markhaltige Fasern, quergeschnitten.

Ca. 800 mal vergrössert.

Fig. 83.

Ganglion cervicale suprenum der Katze. Färbung mit Hämatoxylin. *kz* Kapselzellen, *r* sympathische Fasern im Längsschnitt. Bei x zwei Zellausläufer.

Ca. 800 mal vergrössert.

Fig. 84.

Ganglion spirale des Meerschweinchens. Färbung mit Hämatoxylin. *kz* Kapselzellen, *ml* markhaltige Fasern, deren Markscheide durch Osmiumbehandlung geschwärzt erscheint.

Ca. 200 mal vergrössert.

Fig. 85.

Unipolare Nervenzellen der Radix descendens nervi trigemini vom Kaninchen. Vitale Methylenblaufärbung.

Ca. 100 mal vergrössert.

Fig. 86.

Motorische Vorderhornzelle des Kaninchenrückenmarks. Vitale Methylenblaufärbung. *nr* Neurit mit Kollateralen *(kol)*. Die Dendriten sind abgeschnitten.

Ca. 550 mal vergrössert.

Fig. 87.

Motorische Seitenhornzellen des Kaninchenrückenmarks. Vitale Methylenblaufärbung. *nr* Neurit.

Ca. 550 mal vergrössert.

Auch die Spongioblasten bleiben nicht einfache rundliche Zellen, sondern entwickeln Fortsatzbildungen der verschiedensten Art. Sie bilden einmal ein die Höhlen der Zentralorgane auskleidendes Epithel, dann aber lassen sie aus ihrem Zellkörper Fasern entstehen, ganz ähnlich wie der Fibroblast kollagene Fasern entwickelt. Die Fasern bezeichnen wir als Gliafasern, sie bilden ein Stützgerüst der nervösen Zentralorgane und werden mit ihren Mutterzellen zusammen unter dem Namen des Gliagewebes oder der Neuroglia zusammengefasst.

I. Die Nervenzelle.

Wir können an jeder Nervenzelle folgende einzelne Bestandteile unterscheiden, die bei der grossen Kompliziertheit ihres Baues eine getrennte Besprechung erheischen: 1. Den Kern, 2. den Zellkörper und 3. die Zellfortsätze, nämlich a) die Dendriten, b) den Neurit.

1. Der Kern der Nervenzelle.

Der Kern der Nervenzelle ist meist rund, d. h. also kugelig, selten ovoid (Fig. 82, 83, 92). Manchmal zeigt er an seiner Oberfläche seichte Einbuchtungen, Dellen. Immer wird er umgrenzt von einer scharf abgesetzten Kernmembran, von der Chromatinbälkchen und -stränge radiär nach innen strahlen. Sie finden meist ihre Vereinigung in der Gegend des Kernzentrums in einer Chromatinmasse, welche den Nukleolus umschliesst. Dieser letztere repräsentiert den hervorstechendsten Teil des ganzen Kerns, er ist gross, von einer Grösse, wie ihn mit Ausnahme der Eizelle wohl keine andere Zelle des tierischen Körpers zeigt und meist vollkommen rund. Der Kern der Nervenzelle zeigt gegenüber allen anderen Zellkernen die Eigentümlichkeit, dass sein Chromatin sich nicht mit basischen, sondern mit saueren Farbstoffen färbt. Es ist Oxychromatin im Gegensatz zu dem Basichromatin der meisten Zellkerne. Basichromatin findet sich im Nervenzellenkern nur in ganz verschwindender Menge. Der Nukleolus besteht, wie wir früher gesehen haben, gewöhnlich aus dem oxyphilen Pyrenin, auch hier in der Nervenzelle ist er meist vollkommen oxyphil, so dass der ganze Kern bei Färbung in Farbgemischen nur in einer Farbe erscheint (Fig. 82), doch zeigt andererseits der Nukleolus manche Übereinstimmung mit dem Chromatin, so dass er hier wohl eine Mittelstellung einnehmen dürfte.

2. Der Körper der Nervenzelle.

Hier wären zunächst einige Angaben über Form und Grösse der Nervenzelle am Platz. Die erstere ist in hohem Grade abhängig von der Zahl der Fortsätze und der Art und Weise, wie die Fortsätze den Zellkörper verlassen. Zellen mit einem Fortsatz sind meist rund oder birnförmig. Gehen von der Zelle zwei Fortsätze aus, so tritt gewöhnlich eine polare Anordnung ein und der Zellkörper wird mehr in die Länge gezogen, ja das kann so weit gehen, dass der Zellkörper nichts weiter als eine leichte Verdickung im Verlauf der Nervenfaser darstellt.

a

b

c

d

Fig. 88.

Halbschematische Darstellung der Übergangsformen von den bipolaren zu den unipolaren Nervenzellen (typeenT).

Wir können die Nervenzellen nach der Zahl ihrer Fortsätze unterscheiden in unipolare, bipolare und multipolare Zellen.

Bei der unipolaren Zelle (Fig. 85) haben wir einen kugel- oder birnförmigen Zellkörper, aus dem ein einziger meist verhältnismässig dicker Fortsatz entspringt. Solche Zellen finden wir als Ursprungszellen der Fasern der Radix descendens n. trigemini und in der Netzhaut. Auch die Spinalganglienzellen der Säugetiere und des Menschen stellen solche unipolare Zellen dar, doch handelt es sich hier nur um eine scheinbare Unipolarität. Es teilt sich nämlich der von der Zelle ausgehende Fortsatz nach kurzem Verlauf T-förmig und lässt zwei Nervenfasern aus sich entstehen, von denen die eine ins Rückenmark eintritt, die andere zur Peripherie des Körpers geht. In Wirklichkeit kommt aber die letztere von dort her, leitet Reize zur Zelle hin, zellulipetal, stellt also einen Dendriten dar. Die andere dagegen leitet zellulifugal und ist der eigentliche Neurit. Wir haben hier also Neurit und Dendrit eine kurze Strecke vereinigt. Das ist bei diesen Zellen nicht immer so. Im Embryonalleben sind sie lange Zeit hindurch bipolar. Mit fortschreitender Entwickelung nähern sich jedoch die beiden Fortsätze und verschmelzen miteinander zu einem einzigen (Fig. 88).

Bipolare Nervenzellen. Der rundliche, ovale oder spindelige Zellkörper geht jederseits in einen Fortsatz über, deren jeder wieder zu einer Nervenfaser wird. Solche Zellen finden wir beim

Menschen in dem Ganglion spirale (Fig. 84) und im Ganglion vestibulare des Nervus acusticus; bei den Fischen setzen sich aus ihnen die Spinalganglien zusammen.

Fig. 89. Fig. 90.

Fig. 89. Multipolare Nervenzelle aus dem verlängerten Mark eines Kaninchens Nervenfortsatz (Neurit) abgerissen.

Ca. 150mal vergrössert.

Fig. 90. Pyramidenzelle aus der Grosshirnrinde des erwachsenen Menschen (nach einem Präparat von Dr. A. Bochenek).

Ca. 150mal vergrössert.

Multipolare Nervenzellen. Sie bilden bei dem Menschen die grosse Masse aller Nervenzellen der Zentralorgane und die Zellen der peripheren sympathischen Ganglien. Die multipolare Nervenzelle besitzt zahlreiche Fortsätze, von denen immer einer zellulifugal leitet und den Neuriten bildet. Alle übrigen sind Dendriten (Fig. 86, 87, 89, 90). Die Form solcher multipolarer Zellen ist

ausserordentlich verschieden. Bald sind sie gross, polygonal, die Fortsätze erheben sich allmählich aus dem Körper (Fig. 86, 89), bald sind sie klein, kugelig und die Fortsätze treten scharf abgesetzt heraus (Fig. 93). Der Zellkörper kann stark in die Länge gezogen sein (Fig. 87), ja kann auch hier völlig spindelig werden. Bei gewissen Zellen der Grosshirnrinde ist der Zellkörper exquisit pyramidenförmig (Fig. 90), bei den mächtigen Purkinje'schen Zellen der Kleinhirnrinde dagegen kugelig oder birnförmig (Fig. 91).

Dendriten

Zellkörper

Nervenfortsatz

Fig. 91.

Purkinje'sche Zelle aus der menschlichen Kleinhirnrinde.

Ca. 225 mal vergrössert.

Färbt man gut konservierte Nervenzellen mit Hämatoxylin oder mit basischen Teerfarbstoffen, so erhält der Zellkörper und auch die aus ihm entspringenden Dendriten ein scheckiges Aussehen. Es rührt das her von eigenartigen Einlagerungen in den Zellkörper, die zuerst von Flemming gesehen und beschrieben worden sind, die aber vor allem durch die Untersuchungen von Nissl in den Vordergrund des Interesses gerückt worden sind. Wir bezeichnen sie als Nissl'sche Granula, Nisslschollen, Tigroid oder basophile Körper. Diese basophilen Körper, wie wir sie bezeichnen wollen, finden sich in allen Nervenzellen, jedoch in sehr verschiedener Form und Anordnung. So treten sie in den multipolaren motorischen Zellen des Rückenmarks

in Form von ziemlich groben, länglich polygonalen Schollen auf, die dicht zusammenliegen und dem Zellkörper ein charakteristisches getigertes Aussehen verleihen (Fig. 92). Bei stärkster Vergrösserung erweisen sie sich aus feinen Granulis zusammengesetzt, die in eine Grundsubstanz eingebettet sind. Sie durchsetzen den ganzen Zellkörper und treten auch weit in die Dendriten hinein. Die Stelle, wo der Neurit aus der Zelle tritt, ist, wie er selbst, frei von basophilen Körpern. In den Spinalganglienzellen sind sie meist feiner als in den vorigen, so dass die Zelle oft wie

Fig. 92.

Nervenzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarkes eines Kalbes.

Basophile Körper sind mit Methylenblau (Methode von Nissl) gefärbt. Ca. 950mal vergrössert.

fein bestäubt aussieht (Fig. 82). In den sympathischen Zellen häufen sich gröbere Schollen in der Zellperipherie zu einem dichten Kranze an, während der übrige Zellkörper nur feine Körnchen enthält (Fig. 83).

Die basophilen Körper zeigen eine grosse Verwandtschaft zu basischen Farbstoffen, wie Methylenblau, Thionin, Methylviolett etc., doch sind sie nicht in so strengem Sinne basophil, wie etwa das Chromatin der Kerne in den meisten Körperzellen. Im frischen Zustand, intra vitam, sind sie nicht zu erkennen, sie werden erst bei der Behandlung der Zellen mit Reagenzien und zwar mit Eiweiss fällenden Reagenzien sichtbar. Man hat deshalb sie auch vielfach für nicht präexistent gehalten (Held). Über ihre Natur

sind die Anschauungen noch geteilt, doch spielen sie sicher im Leben der Nervenzelle eine sehr wesentliche Rolle. Wahrscheinlich handelt es sich um Eiweisskörper, welche ihre Entstehung dem Stoffwechsel der Nervenzelle verdanken, Körper, welche bei unzureichender Ernährung der Zelle, bei Ausserfunktionsetzung der Zelle und bei anderen pathologischen Zuständen zerfallen und nicht weiter gebildet werden.

Fig. 93.

Körnerzellen aus der Kleinhirnrinde einer jungen Katze. Golgimethode.

d = Dendriten mit Endbüscheln; nr = Neurit. Ca. 600 mal vergrössert.

Ausser den basophilen Körpern enthält der Leib der Nervenzellen als häufigen Einschluss Pigment in Form von feinsten gelbbraunen Körnchen. Dasselbe kann in manchen Zellen so zahlreich auftreten, dass dadurch eine makroskopisch schon erkennbare Färbung der von den betreffenden Zellen okkupierten Stellen eintritt (Locus coeruleus, am Boden des IV. Ventrikels, Substantia nigra im Hirnschenkel). Auch Kristalle von eiweissartigen Körpern hat man in der Nervenzelle gefunden (Cesa-Bianchi) und zwar bei manchen Tieren während des Winterschlafes; sie scheinen einen Reservestoff zu enthalten.

Den wichtigsten Bestandteil der Nervenzellkörper bilden die Neurofibrillen. Sie sind schon seit langem bekannt (Max Schultze), aber eine Zeitlang gegenüber den basophilen Körpern ganz in den Hintergrund getreten. Ja man hat sogar ihre Existenz

zeitweise ganz geleugnet. Heute ist dieselbe durch die Arbeiten von Apáthy, Bethe, Ramon y Cajal und anderen absolut sicher gestellt, wenn auch über die Anordnung der Neurofibrillen und ihr gegenseitiges Verhalten noch keine Einigung erzielt worden ist. Hauptsächlich handelt es sich darum, ob die Fibrillen innerhalb des Zellkörpers Netze bilden oder ungeteilt denselben durchziehen. Nach unseren Erfahrungen kommen solche Netze unzweifelhaft vor, aber nicht in allen Nervenzellen. Fig. 94 stellt eine moto-

nr

Fig. 94. Fig. 95.

Fig. 94. Vorderhornzelle aus dem Rückenmark des Kaninchens mit Fibrillen Nach der Bielschofski-Methode dargestellt.

nr = Neurit. Ca. 600mal vergrössert.

Fig. 95. Pyramidenzelle aus der Grosshirnrinde des Kaninchens mit Fibrillen. Nach der Bielschofski-Methode behandelt.

Ca. 600mal vergrössert.

rische Vorderhornzelle dar. Man sieht hier die Fibrillen aus den Dendriten heraus in den Zellkörper treten. Deutlich kann man dabei im Inneren des Zellkörpers Fibrillenzüge erkennen, welche aus einem Dendriten in den anderen übergehen. Ausserdem aber lösen sich zahlreiche Fibrillen in ein grobes Netzwerk auf, welches in den oberflächlichen Schichten des Zellkörpers gelegen ist. Aus diesem Netzwerk strahlen Fibrillen in grosser Zahl in den Neuriten (Fig. 94 nr) ein, der im übrigen aber auch direkt Fibrillen aus den

Dendriten aufnimmt. Konstanterweise finden sich kleine Fibrillennetze an den Gabelungsstellen der Dendriten. Ganz ähnliche Verhältnisse bietet uns die in Fig. 95 dargestellte Pyramidenzelle der Grosshirnrinde in bezug auf den inneren Fibrillenverlauf. Ein peripheres Fibrillennetzwerk liess sich hier jedoch nicht nachweisen. In den sympathischen Zellen (Fig. 96) scheinen ebenfalls echte Netzbildungen nicht vorzukommen. Hier bilden die Fibrillen einmal eine ziemlich dichte Mantelschicht, von welcher zahlreiche Fibrillen abschwenken, um in geschlängeltem Verlauf gegen den Kern hinzuziehen, wo sie, wie man an den zahlreichen Querschnitten erkennen kann, ziemlich scharf umbiegen. Sie durchkreuzen und durchflechten sich vielfach, ohne jedoch zu Netzen sich miteinander zu verbinden.

Fig. 96.
Zelle aus dem Ganglion cervicale inferius der Katze mit Fibrillen. Nach der Bielschofski-Methode behandelt.
Ca. 600 mal vergrössert.

Ausser den basophilen Körpern, dem Pigment und den Fibrillen sind nun im Körper der Nervenzelle noch eine ganze Reihe anderer Bildungen beschrieben worden, von denen zunächst die **Zentralkörper** erwähnt sein mögen. Solche Zentralkörper sind meist in der Zweizahl, dicht am Kern gelegen, von mehreren Autoren (Schaffer, von Lenhossék, Dehler, Bühler und anderen) bei den verschiedensten Tieren gefunden worden. Neueren Untersuchungen

Fig. 97.
Spinalganglien des Kaninchens mit Osmiumtetroxyd behandelt.
ar apparato reticolare; kz Kapselzellen; ml markhaltige Fasern längs getroffen mit Ranvier'scher Einschnürung (e), Markscheide (m), Golgitrichtern (gtr), Schwann'scher Scheide (s); Achsenzylinder (nr); mq markhaltige Fasern, quergeschnitten.
Ca. 900 mal vergrössert.

zufolge (Cesa-Bianchi) kommen Zentralkörper nur in embryonalen oder jugendlichen Nervenzellen vor, in der erwachsenen Nervenzelle dagegen lassen sie sich nicht mehr nachweisen.

Camillo Golgi, der verdienstvolle Forscher auf dem Gebiete des Nervensystems, beschrieb in den Nervenzellen eigenartige Netzbildungen, die er als apparato reticolare bezeichnete. Es sind das zu Netzen miteinander vereinigte Fäden, welche das Zellinnere durchziehen, so dass die periphere Zone des Zellprotoplasmas von ihnen freibleibt (Fig. 97). Spätere Untersuchungen über dieses Binnennetz, wie man es auch genannt hat, haben gezeigt, dass es in hohem Grade die Fähigkeit besitzt, Osmiumtetroxyd zu reduzieren (Kopsch) und machen es wahrscheinlich, dass es sich hier nicht um eine charakteristische Bildung der Nervenzellen handelt, sondern dass solche Binnennetze noch in vielen anderen Zellen vorkommen, wie Drüsenzellen, Geschlechtszellen (Sjövall, Ballowitz). Über die Bedeutung des Organs lässt sich vorläufig nur so viel aussagen, dass es sicherlich nichts mit den Neurofibrillen zu tun hat.

Schliesslich sei noch kanalartiger Bildungen gedacht, welche Holmgren im Körper der Nervenzelle beschrieben hat unter dem Namen des Trophospongiums. Es sind das helle Züge im Zellkörper, wie sie auch unsere Fig. 82 (k) zeigt. Sie sollen nach Holmgren Spalten, Saftkanälchen im Zellkörper darstellen, die sich an der Zellperipherie öffnen, und in die von aussen her Fortsätze der Zellkapsel eindringen.

3a. Die Dendriten der Nervenzellen.

Die Dendriten oder Protoplasmafortsätze entwickeln sich, wie wir gesehen haben, später als der Neurit. Sie sind bei den meisten Nervenzellen in der Mehrzahl vorhanden, erheben sich meist mit breiter Basis aus dem Zellkörper, um sich unter fortgesetzter Teilung immer mehr zu verjüngen. Es können so ausserordentlich weitläufige, baumförmige Bildungen entstehen (Fig. 91), wie wir sie vor allem in den Purkinje'schen Zellen des Kleinhirns und in den Ganglienzellen der Retina finden. Die von Camillo Golgi ausgearbeitete Methode der Chromsilberimprägnation, meist kurz als Golgimethode bezeichnet, hat uns erst eine Vorstellung von der weiten Verzweigung dieser Gebilde gegeben. Bei solchen Golgipräparaten erscheinen die Dendriten immer wie bereift, wie mit kleinen Knötchen und

Wärzchen besetzt (Fig. 91). Man hat früher auf diese Erscheinungen einen grossen Wert gelegt. Jetzt wissen wir, dass sie Kunstprodukte darstellen, entstanden durch Silberniederschlag. Die Dendriten sind in Wirklichkeit glatt und laufen schliesslich in allerfeinste Fäden aus.

Die Dendriten bestehen der Hauptsache nach aus parallel verlaufenden Neurofibrillen, die in eine homogene Grundsubstanz eingebettet sind. Da, wo der Dendrit den Zellkörper verlässt, und auch noch ein Stückchen weiter sind in seine Substanz basophile Körper eingelagert, meist in spindliger Form. Sie verlieren sich jedoch bald (Fig. 92).

Die Dendriten können ebenso wie der Neurit an ihren Enden besondere Einrichtungen aufweisen, die sie befähigen, mit anderen Zellen in eine enge Verbindung zu treten, ein Beispiel solcher Einrichtung zeigt uns Fig. 93 von gewissen Zellen des Kleinhirns. Hier spaltet sich der Dendrit in mehrere kurze, klauenförmige Fortsätze. Ähnliche Bildungen treffen wir noch an vielen anderen Orten.

Die Anschauung, dass die Dendriten reizleitende Organe sind, steht in vollommenem Einklang mit ihrem Bau und wird wohl auch heute von der Mehrzahl aller Forscher geteilt. Golgi dagegen sieht in ihnen nutritive Organe, sie sollen mit den Blutgefässen in Verbindung treten und so für die Ernährung der Zellen sorgen.

3b. Der Neurit der Nervenzellen.

Der Neurit, Achsenzylinderfortsatz, Nervenfortsatz, ist immer nur in der Einzahl vorhanden. Er entspringt meist aus einem kurzen Ursprungskegel (Fig. 92), einer körnerfreien Stelle des Zellkörpers, verjüngt sich bald sehr stark, um dann wieder zu einer ganz gleich bleibenden Dicke anzuschwellen. Er umgibt sich meist mit einer Markscheide und wird dadurch zum Achsenzylinder einer markhaltigen Nervenfaser, die entweder im Zentralorgan weiterläuft und endigt oder aus ihm als periphere Nervenfaser austritt.

Auf diesem Wege zeigt der Neurit ein von Golgi entdecktes, ausserordentlich wichtiges Verhalten, er gibt nämlich zahlreiche Seitenäste, Kollateralen, ab, welche mit Endverästelungen, sogenannten Telodendrien, an benachbarten Zellen enden (Fig. 86, 90).

Der Neurit besteht ebenso wie die Dendriten aus dicht nebeneinander verlaufenden, in eine homogene Grundsubstanz eingebetteten Fibrillen. Ob die Neurofibrillen des Neuriten getrennt nebeneinander verlaufen, oder ob sie sich zu langmaschigen Netzen miteinander verbinden, ist eine viel ventilierte, noch keineswegs entschiedene Streitfrage.

Fig. 98.

Endapparate der Neuriten aus dem Trapezkern eines Kaninchens.

Die Körbe umspinnen die Zellkörper; im linken Korbe erstrecken sich die Verlängerungen der Teiläste auf die Dendriten (nach einem Methylenblaupräparate, Methode S. Meyer). Ca. 700mal vergrössert.

Der Neurit löst sich ebenso wie seine Kollateralen schliesslich in Telodendrien auf, er kann aber auch an seinem Ende ähnlich wie der Dendrit Einrichtungen zur engeren Verbindung mit anderen Zellen tragen. So zeigt z. B. Fig. 98, wie die Neuriten des Nervus cochlearis sich in mehrere Äste spalten, welche mit ihren Endverzweigungen krallenartig die Zellen des Nucleus trapezoides umspannen.

Wenn es auch als allgemeine Regel gelten darf, dass der Neurit zu einer selbständigen Nervenfaser wird, so gibt es doch auch Ausnahmen von dieser Regel. So hat Golgi im Gehirn und Rückenmark Zellen nachgewiesen, die neben zahlreichen Dendriten einen einfachen Neuriten besitzen. Dieser Neurit löst sich aber schon sehr bald nach seinem Abgang vom Zellkörper in zahlreiche feinste Fäserchen auf, die sich spurlos in der grauen Substanz des Zentralorgans verlieren. Man bezeichnet solche Zellen als Zellen vom II. Golgi'schen Typus. Im Gegensatz zu ihnen bezeichnet man alle diejenigen Nervenzellen, bei denen

der Neurit zu einer selbständigen Nervenfaser wird, und als solche grössere Strecken zurücklegt, als Zellen vom I. Golgi'schen oder vom Deiters'schen Typus.

II. Die Nervenfaser.

Die Nervenfaser stellt, wie wir gesehen haben, entweder den von der Peripherie zur sensiblen Zelle hinlaufenden Dendriten, sensible Nervenfaser, oder den von der motorischen Zelle zum Muskel gehenden Neuriten, motorische Nervenfaser, oder endlich einen innerhalb des Zentralorgans, in der weissen oder auch grauen Substanz verlaufenden Neuriten dar. Jede solche ursprünglich nur aus dem Neuriten bestehende Nervenfaser kann sich nun auf ihrem Wege mit verschiedenen Hüllen umgeben, von denen wir der Hauptsache nach zwei unterscheiden: die Markscheide oder Myelinscheide und die Schwann'sche Scheide. Beide können vereint oder getrennt den Neuriten umgeben, sie können ihm auch fehlen. Wir unterscheiden danach:

1. Nackte Neuriten,
2. Neuriten mit einer Markscheide umgeben,
3. Neuriten mit einer Schwann'schen Scheide umgeben und
4. Neuriten mit einer Markscheide und einer Schwann'schen Scheide umgeben.

ad 1. Wie wir sahen, umgibt sich der Achsenzylinder meistens bald nach seinem Abgang von der Zelle mit einer Markscheide, wir haben deshalb bei solchen Nervenfasern immer innerhalb der grauen Substanz der Zentralorgane ein kurzes markloses Anfangsstück. Ebenso verliert auch die Nervenfaser kurz vor ihrer peripheren Endigung ihre Scheiden, und wir können also von einem marklosen Endabschnitt sprechen. So finden wir nackte Achsenzylinder in der Haut, in den Endapparaten des Gehörorgans, in der Netzhaut und an vielen anderen Stellen. Auch die sensiblen Fasern, welche in den hinteren Wurzeln ins Rückenmark eintreten, verlieren innerhalb der grauen Substanz ihre Markscheide und können weite Strecken in der Form nackter Neuriten verlaufen. Von den Hirnnerven besteht nur der erste, der Nervus olfactorius, aus hüllenlosen Neuriten. Bei den niedersten Wirbeltieren, dem Amphioxus und den Cyklostomen, sind alle zentralen Fasern nackte Neuriten.

ad 2. Nervenfasern, welche nur aus Achsenzylinder und Markscheide bestehen, sind alle diejenigen Fasern, welche die weisse Substanz des Gehirns und Rückenmarks zusammensetzen. Aber auch innerhalb der grauen Substanz finden sich solche markhaltige Nervenfasern noch in ganz beträchtlicher Menge. Niemals kommt den Fasern der Zentralorgane eine Schwann'sche Scheide zu.

ad 3. Neuriten, mit einer Schwann'schen Scheide umgeben, setzen das sympathische Nervensystem zusammen. Sie finden sich also in den sympathischen Ganglien, in dem Grenzstrang und in allen peripherischen Zweigen des Nervus sympathicus. Wir bezeichnen sie deshalb auch kurz als sympathische Fasern, marklose oder graue Fasern, auch als Remak'sche Fasern (Fig. 99). Bei Amphioxus und den Cyklostomen sind alle peripheren Fasern grau.

ad 4. Alle übrigen peripheren Nervenfasern, also alle Hirn- und Rückenmarksnerven mit alleiniger Ausnahme der Fasern des Nervus olfactorius sind ausserhalb der Zentralorgane mit einer Markscheide und einer Schwann'schen Scheide umgeben. Die Markscheide verleiht diesen Nerven ein helles, weisses Aussehen. Wir bezeichnen sie als markhaltige Fasern oder auch aus später zu erörternden Gründen als doppelt konturierte Nervenfasern.

Wir wollen nun die einzelnen Teile der Nervenfaser etwas eingehender besprechen und mit dem wichtigsten Bestandteil, dem Achsenzylinder, beginnen.

Kern

Fig. 99.

Marklose (Remak'sche) Fasern aus dem Hals-Sympathicus des Kaninchens.

Ca. 300 mal vergrössert.

1. Der Achsenzylinder ist, wie wir gesehen haben, ein echter Zellausläufer, er stellt einen wohl meist drehrunden Strang dar, dessen Dicke ziemlich bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, er kann von Bruchteilen eines Mikrons an bis zu 10 μ wachsen. Seinen wichtigsten Bestandteil bilden die Neurofibrillen, feinste Fäserchen, die in kontinuierlichem Verlauf von der Nervenzelle durch die Nervenfaser bis zu ihrem peripheren Ende gelangen. Ob diese Neurofibrillen innerhalb des Achsenzylinders einfach parallel nebeneinander verlaufen, oder ob sie innerhalb des letzteren lang-

maschige Netze bilden, ist mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen, doch sprechen neuere Untersuchungen sehr zugunsten der letzteren Auffassung. Die Neurofibrillen werden umgeben von einer strukturlosen, vielleicht mehr flüssigen Substanz, welche man als *Neuroplasma*, *Achsoplasma* oder *Perifibrillärsubstanz* bezeichnet hat.

Die Fibrillen scheinen recht vergängliche Bildungen zu sein. Während des Lebens völlig glatt, zeigen sie schon bald nach dem Tode Zerfallserscheinungen. Sie schwellen zunächst von Stelle zu Stelle an, werden perlschnurartig, um schliesslich in zahllose hintereinandergereihte Körnchen zu zerfallen.

In manchen Fällen scheinen sich die Fibrillen des Achsenzylinders zu einem zentralen, von Neuroplasma ringsum umgebenen Strang anzuordnen, solche Bilder erhält man aber auch als Kunstprodukte durch schrumpfend wirkende Agentien. Der Achsenzylinder kann dann zu einem dünnen Strang zusammenschrumpfen, der auf dem Querschnitt sternförmig erscheint.

2. *Die Markscheide.* Bei der markhaltigen Nervenfaser wird der Achsenzylinder von einer gleichmässig dicken, stark lichtbrechenden, intra vitam homogen erscheinenden Scheide, der *Markscheide*, dem *Nervenmark* überzogen. Sie bildet also einen Hohlzylinder oder ein starkwandiges Rohr, dessen Lichtung von dem Achsenzylinder vollkommen ausgefüllt wird (Fig. 100). Dieser Markscheide verdankt die markhaltige Faser ihren starken Glanz, ihre *Doppelbrechung* und ihr ganzes charakteristisches Aussehen.

Markscheide

Trichter der Schmidt-Lantermann'schen Einkerbung

Achsenzylinder

Fig. 100.

Aus einem Querschnitt durch den mit Osmiumsäure behandelten Nerven.

Ca. 350 mal vergrössert.

Untersucht man die markhaltigen Fasern in Wasser, so quillt aus der Markscheide eine Substanz in Form von eigenartigen Tropfen und Knollen hervor, die wir als *Myelin* bezeichnen. Das Myelin besitzt in hohem Grade die Fähigkeit, Osmiumtetroxyd zu reduzieren, deshalb färben sich markhaltige Fasern nach kurzem Aufenthalt in Osmiumlösung zunächst braun und dann tiefschwarz.

Das Myelin ist kein einheitlicher chemischer Körper, sondern ein Gemenge und zwar sind mit Sicherheit drei verschiedene Sub-

stanzen in ihm nachzuweisen: Protagon, Lezithin und Fett. Das Protagon ist ein leicht in kleinen Nadeln kristallisierender Eiweisskörper, der sich durch seinen relativ hohen Phosphorgehalt auszeichnet. Er ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Äther. Das Lezithin kommt in weiter Verbreitung im tierischen und auch pflanzlichen Organismus vor, es ist ebenfalls phosphorhaltig, in Wasser unlöslich, dagegen in Alkohol und Äther löslich. Ob die Fette des Myelins präformiert sind oder ob sie sich erst bei der Zersetzung von Protagon und Lezithin bilden, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden.

Ausser dem Myelin findet sich in der Markscheide noch ein anderer Körper, den sein Entdecker (Kühne) wegen seiner Ähnlichkeit mit dem Keratin der Hornsubstanzen als Neurokeratin bezeichnet hat.

Fig. 101.

Stück einer markhaltigen Nervenfaser aus dem Nervus ischiadicus des Frosches, Ranvier'sche Einschnürung (b) und Schmitt-Lantermann'sche Einkerbungen (a) zeigend, mit Osmiumsäure behandelt.

Ca. 370 mal vergrössert.

Untersucht man markhaltige, auf längere Strecken isolierte Nervenfasern, so erkennt man an der im übrigen ganz glatten Faser von Strecke zu Strecke Einschnürungen, die wir als Ranvier'sche Schnürringe bezeichnen. Die Faser verjüngt sich hier ganz unvermittelt, um sofort wieder die ursprüngliche Dicke anzunehmen (Fig. 101). Eingehendere Untersuchung belehrt uns, dass diese plötzliche Dickenabnahme daher rührt, dass an dieser Stelle die Markscheide fehlt, um dann jenseits wieder zu erscheinen. Es zerfällt so die Markscheide in lauter hintereinander angeordnete Segmente, die bei den verschiedenen Nervenfasern von sehr verschiedener Länge sein können. Je dicker die Faser, um so länger die Segmente; so fanden Key und Retzius bei 2 μ dicken Nervenfasern 90 μ lange Segmente, bei 16 μ dicken Fasern aber 900 μ lange Segmente.

Behandelt man Nervenfasern mit zirka 0,5 % Höllensteinlösung und setzt sie dann dem Licht aus, so erscheint an der Stelle einer jeden Ranvier'schen Einschnürung ein Gebilde von der

Form eines lateinischen Kreuzes: ein die Dicke der Einschnürung durchdringender Querbalken wird durchkreuzt von einem in der Faserachse verlaufenden Längsbalken (Fig. 102). Der letztere zeigt nicht selten feine, querverlaufende Linien, die sog. Fromann'schen Linien. Es ist hier die Silberlösung zwischen den Enden der Marksegmente eingedrungen und hat den Achsenzylinder in Form des Längsbalkens gefärbt, ausserdem aber hat sich eine ringförmige Scheibe gebräunt, welche zwischen die Enden der beiden Segmente eingeschoben ist, die sog. Zwischenscheibe. Sie erscheint von der Kante gesehen als kurzer Streifen und bildet den Querbalken des Kreuzes.

Fig. 102. Fig. 103.

Fig. 102. Markhaltige Nervenfasern des Kaninchens mit Argentum nitricum behandelt und Ranvier'sche Kreuze zeigend.

Ca. 300 mal vergrössert.

Fig. 103. Nervenfaser vom Sperling mit Netzapparat (Kopie nach Sala).

g = Golgitrichter.

Untersucht man die Ranvier'sche Einschnürung mittelst subtilerer Methoden, so erkennt man, wie die Achsenzylinderfibrillen durch diese Zwischenscheibe hindurchtreten und durch sie in ihrer Lage fixiert werden. Das Marksegment endigt hier mit abgerundetem Rande.

An der ganz frischen Nervenfaser erscheint die Markscheide ganz glatt, sehr bald jedoch erscheinen in ihrer Substanz feine,

schräg zur Faserachse verlaufende Spalten, durch welche jedes Marksegment in eine grössere Anzahl hintereinander gereihter und sich dachziegelförmig deckender Abschnitte zerlegt wird, es sind die zylindrokonischen Segmente, die durch die Schmitt-Lantermann'schen Einkerbungen getrennt werden (Fig. 101). Es setzt sich also jedes Marksegment zusammen aus einer grösseren Anzahl zylindrokonischer Segmente.

Golgi und seine Schüler haben nachgewiesen, dass innerhalb der Markscheide ein weitmaschiges Netzwerk von stützenden Fasern verläuft, sie bilden an der Stelle, wo die Schmitt-Lantermann'schen Einkerbungen liegen, Ringe, welche die Substanz der Markscheide ihrer ganzen Dicke nach durchsetzen (Fig. 103); diese Ringbildungen, welche gewöhnlich als Golgi'sche Trichter bezeichnet werden, trennen also je zwei zylindrokonische Segmente voneinander.

Ranvier'sche Einschnürung

Fig. 104.

Stück einer in Alkohol absol. gekochten markhaltigen Nervenfaser des Frosches.

In der Mitte ist der Achsenzylinder und rings um ihn das Neurokeratinnetz zu sehen. Ca. 650mal vergrössert.

Wenn man markhaltige Nervenfasern in Alkohol oder Äther kocht, so löst sich das Myelin und es bleibt nun ein bald feines, bald gröber erscheinendes Netzwerk innerhalb der Markscheide zurück (Fig. 104), das, wie der Querschnitt der Nerven zeigt, mit radiär gestellten Maschen die Substanz der Markscheide durchzieht. Es ist das Neurokeratingerüst von Ewald und Kühne. Wir dürfen diese Bildung jedoch nicht als ein festes Stützgerüst auffassen, sondern es zeigt uns nur, wie das Neurokeratin in dem Myelin verteilt und angeordnet ist.

3. Die Schwann'sche Scheide oder das Neurilemm kommt, wie wir sahen, nur den peripheren Nervenfasern zu und stellt ein ausserordentlich feines protoplasmatisches Häutchen dar, welches der Markscheide innig anliegt (Fig. 105, 106). Sie ist kernhaltig, und zwar liegen die Kerne ihr innen an, also zwischen Markscheide und Schwann'scher Scheide. Bei höheren Wirbeltieren kommt immer auf ein Marksegment auch ein Kern des Neurilemms.

Viel umstritten ist das Verhalten des Neurilemms an der Stelle der Ranvier'schen Einschnürung. Hier sieht man gewöhnlich das Neurilemm am leichtesten, da es die eingeschnürte Stelle

Henle'sche Kerne Kern der Schwann'schen Scheide

Henle'sche Scheide

Achsenzylinder

Markscheide

Fig. 105.

Stück einer markhaltigen Nervenfaser aus dem N. radialis des Menschen mit Osmiumsäure behandelt.

Es sind Schwann'sche und Henle'sche Kerne zu sehen. Ca. 400 mal vergrössert.

überbrückt. Dabei lässt sich beobachten, dass das Neurilemm immer mit der Zwischenscheibe verwachsen ist. Es wird an dieser Stelle nach Ranvier und Vignal das Neurilemm durch die Zwischenscheibe unterbrochen, so dass es eine ähnliche Segmentierung erfährt wie die Markscheide. Noch weiter gehen Boveri und Bethe. Nach ihren Untersuchungen biegt das Neurilemm am Ende des Marksegmentes um und geht in eine feine Membran über, die zwischen Achsenzylinder und Markscheide liegt (Innenscheide, Mauthner'sche Scheide). Es würde so jedes Marksegment allseitig umhüllt von einem Segment der Schwann'schen Scheide (Fig. 107).

Schwann'sches Körperchen

Achsenzylinder

Kern der Bindegewebszelle

Markscheide

Schwann'sche Scheide

Fig. 106.

Aus einem Querschnitte durch einen mit Müller'scher Flüssigkeit und Safranin behandelten Nervus medianus des Menschen.

Es sind mehrere Schwann'sche Kerne zu sehen. Ca. 380 mal vergrössert.

Was die Bedeutung der einzelnen Teile der Nervenfaser anlangt, so müssen wir notwendigerweise in den Neurofibrillen des Achsenzylinders den wichtigsten Bestandteil sehen. Sie stellen das leitende Element dar, denn sie sind mit Sicherheit als das einzige Element anzusprechen, welches vom Zellkörper durch die Faser hindurch ohne Unterbrechung zur Endstation führt.

Über die Aufgabe der Markscheide ist viel diskutiert worden. Das nächstliegende wäre wohl, sie als Isoliermantel anzusehen. Dagegen spricht der Umstand, dass wir in marklosen Nerven doch auch eine isolierte Leitung haben. Man hat die Markscheide auch als eine Art Schutzmantel aufgefasst. Jedenfalls übt sie einen grossen Einfluss auf die Erregbarkeit der Nerven aus. Dies beweist die Tatsache, dass die Erregbarkeit der Nerven des Neugeborenen, die zunächst eine sehr geringe ist, mit der Entwickelung der Markscheide immer mehr zunimmt (Westphal, Bechterew, Held und Ambronn u. a.).

Wohl kein anderes Gebiet der Gewebelehre ist auch heute noch so heiss umstritten, wie die Lehre von der Entwickelung der Nervenfasern. Wir müssen hier zwei grundverschiedene Anschauungen unterscheiden. Die eine, zu der wohl die Mehrzahl der Forscher heutzutage gehört, nimmt mit His, Koelliker, Ramón y Cajal an, dass die Nerven aus den Zellen der Zentralorgane hervorsprossen. Sie wachsen als nackte Achsenzylinder aus und finden ihren Weg zu ihren Endorganen entweder, indem sie zwischen den Körperzellen hindurch in den Gewebslücken ihrem Endorgan zustreben (His, Ramón y Cajal) oder indem sie sich auf diesem Wege durch die durch Zellbrücken miteinander verbundenen Zellen der Embryonalanlage schieben (Held). Es sind also die peripheren

Fig. 107.

Schema des Baues der markhaltigen Nervenfaser, welches zwei verschiedene Ansichten über das Verhalten der Mauthner'schen und Schwann'schen Scheide veranschaulicht.

Vergleiche die rechte und linke Seite.

Nerven eine gewisse Zeitlang nackte Achsenzylinder. Dann wandern aus den Zentralorganen Zellen aus (Scheidenzellen, Lemmoblasten), schieben sich an den jungen Nervenfasern entlang und umgeben sie dabei mit einer Scheide, dem Neurilemm.

Nach Hensen dagegen wachsen die Nerven nicht vom Zentralorgan zur Peripherie, sondern Nervenzelle und Endorgan sind von Anfang an durch protoplasmatische Brücken miteinander verbunden, und in ihnen differenzieren sich dann die Neurofibrillen.

Auch bezüglich der Entwickelung der Markscheide sind die Ansichten geteilt. Ranvier, Vignal, Boveri und Fürst lassen das Myelin innerhalb des Körpers der, den embryonalen Achsenzylinder umhüllenden Schwann'schen Zellen, entstehen. Es würde dann jedes Marksegment mit zugehöriger Schwann'scher Scheide und Kern den Wert einer Zelle besitzen. So ansprechend diese Hypothese auch ist, so versagt sie doch ganz für die markhaltigen Fasern der Zentralorgane, denen ja eine Schwann'sche Scheide fehlt.

Deshalb lassen andere Autoren die Markbildung vom Achsenzylinder selbst ausgehen (Key und Retzius, Koelliker, Westphal), und noch andere lassen das Mark aus dem Blute stammen, von dem es rings um den Achsenzylinder deponiert wird (Boll, Wlassak).

Anhang:

1. Das Blut.

Wenn wir das Blut als Anhang zu den eigentlichen Geweben abhandeln, so können wir dasselbe doch mit einem gewissen Recht als Gewebe sui generis betrachten. Definierten wir in einem früheren Kapitel ein Gewebe als „einen Komplex gesetzmässig angeordneter, in einer bestimmten Richtung differenzierter und zu einer bestimmten Tätigkeit befähigter Zellen“, so trifft allerdings der erste Passus unserer Definition auf das Blut nicht zu. Das Blut besteht aus einer Blutflüssigkeit, in welcher zwar in gesetzmässiger Zahl und konstantem Verhältnis verschiedenartige Zellen verteilt sind, aber eine gesetzmässige räumliche Anordnung können diese Elemente eben infolge des flüssigen Mediums, in dem sie verteilt sind, nicht haben. Die zelligen Elemente des Blutes sind ebenso wie die Zellen anderer Gewebe in einer ganz

bestimmten Weise und hier sogar sehr weitgehend differenziert, und ihnen kommt im Verein mit der Blutflüssigkeit die ausserordentlich wichtige Aufgabe zu, allen Teilen des Körpers die nötigen Nährkörper zuzuführen und ihren Gaswechsel zu vermitteln, indem sie ihnen Sauerstoff zuführen, und andererseits die Produkte der in den Organen stattfindenden Verbrennung, d. h. im wesentlichen Kohlensäure wieder abführen. Um diesen Zwecken in vollkommener Weise dienen zu können, kreist das Blut fortwährend in, wenigstens bei den höheren Tieren, geschlossenen Bahnen, den Blutgefässen.

Wollen wir das Blut in das System unserer Gewebe einordnen, so müssen wir es unter die Bindesubstanzen oder doch in deren nächster Nähe unterbringen. Blut und Bindesubstanzen entwickeln sich aus denselben Teilen der Embryonalanlage, aus dem mittleren Keimblatt. Hier geht die Blutbildung so vor sich, dass sich die Zellen in dem embryonalen Bindegewebe in Gruppen zusammenlagern, die periphersten werden zu platten Zellen, legen sich aneinander und bilden eine geschlossene Wandung, welche die entstandene Blutinsel nach aussen abschliesst. Die zentralen Zellen dagegen runden sich ab und bilden so die ersten embryonalen Blutkörperchen, die nun in einer, sich in dem jungen Gefäss ansammelnden, Blutflüssigkeit schwimmen. Wir können nach dem Gesagten also auch das Blut als ein Gewebe der Bindesubstanzreihe ansehen mit verflüssigter Interzellularsubstanz.

Die zelligen Elemente des Blutes lassen sich in drei Gruppen unterbringen: 1. in Elemente, welche den spezifischen Blutfarbstoff, das Hämoglobin, enthalten, rote Blutkörperchen, 2. in Elemente, welche diesen Stoff nicht enthalten, farblose Blutkörperchen. Dazu kommen noch 3. besonders kleine, ihrer Natur nach noch nicht ganz geklärte Gebilde, die Blutplättchen.

Ausser diesen zelligen Elementen enthält das Blut die sog. Hämokonien und Fettröpfchen.

1. Die roten Blutkörperchen oder Erythrozyten des menschlichen Blutes stellen kleine runde, bikonkave Scheiben dar, deren Form, von der Seite gesehen, der eines gewöhnlichen Biskuits nicht unähnlich ist (Fig. 108 d, d_1, e).

Die Form des roten Blutkörperchens ist, wie gesagt, die einer runden Scheibe, welche einen verdickten, wulstigen Rand und eine

dünne Mitte besitzt. Betrachten wir es von der Fläche her, so erscheint es in durchfallendem Licht als kreisförmige Scheibe mit einem zentralen dunklen Fleck; dreht man die Mikrometerschraube herunter, so erhält man umgekehrt eine dunkle Scheibe mit heller Mitte (Fig. 108 d, d_1, 109 u. 111). Diese Erscheinung beruht darauf, dass die beiden Teile des Erythrozyten optisch verschieden wirken. Die Mitte repräsentiert eine Bikonkavlinse, welche das parallele Licht zerstreut, der Rand wirkt als Bikonvexlinse, welche die Lichtstrahlen sammelt.

Fig. 108.

Farbige Blutzellen (a—g) und Blutplättchen (h).

Ca. 800mal vergrössert.

a—c Farbige Blutzelle des Frosches. a Von oben gesehen; b durch Wasserzusatz verändert; c von der Seite gesehen. d—g Farbige Blutzellen des Menschen. d Bei tiefer Einstellung; d_1 bei hoher Einstellung des Objektivs; e von der Seite gesehen; f stechapfelförmig veränderte Blutzelle; g geldrollenförmige Anordnung der Blutzellen; h Blutplättchen.

Ihr Durchmesser schwankt beim Menschen zwischen 4 und 9 μ, als Durchschnittsmass werden gewöhnlich 7,5 μ angegeben. Der Dickendurchmesser beträgt in der Mitte 1,8—2 μ, am Rande des Körperchens 2,5 μ.

Über die feinere Struktur der menschlichen Erythrozyten ist nicht viel zu sagen. Irgend welche Strukturdetails lassen sie in ihrem Innern nicht erkennen.

Vielumstritten ist die Frage, ob sie nach aussen von einer Membran abgeschlossen werden (Virchow, Schäfer, Ranvier, Krause, Hensen u. a.) oder nicht. Wir dürfen heute wohl annehmen, dass mindestens eine festere Randschicht, eine sog. Crusta an dem Erythrozyten entwickelt ist, welche einen mehr flüssigen Inhalt umschliesst. An letzterem können wir wieder ein, nach Art eines Schwammgerüstes, angeordnetes, aber durch künstliche Färbung nicht darstellbares, etwas festeres Stroma unterscheiden, das von dem Hämoglobin erfüllt und durchtränkt wird.

Die Erythrozyten im Blute des erwachsenen Menschen sind kernlos (Fig. 109, 110 u. 111), doch sind in ihnen durch Jolly, Schmauch, Weidenreich u. a. kleine, einfach oder doppelt vorkommende Körnchen nachgewiesen worden, welche sich mit basischen Farbstoffen tingieren und als Kernreste gedeutet werden.

Unter pathologischen Verhältnissen (Anämie, Bleivergiftung) können im Körper der Erythozyten ebenfalls solche basophile

Körner, aber nun in grosser Menge auftreten, sie haben jedoch mit Kernresten nichts zu tun, sondern müssen als Zerfallserscheinungen gedeutet werden (Grawitz, Weidenreich).

Die Erythrozyten sind ausserordentlich biegsam, weich und dabei doch elastisch, so dass sie da, wo dem Blutstrom ein Hindernis geboten wird, sich in der verschiedensten Weise deformieren können, um nach Überwindung des Hindernisses sofort ihre ursprüngliche Form wieder anzunehmen.

Fig. 109.

Frisches Blut vom Menschen.

Der grössere Teil der roten Blutkörperchen ist in geldrollenartiger Anordnung, der übrige von der Fläche gesehen.

n = neutrophiler Leukozyt. Ca. 500 mal vergrössert

Bei einer gewissen Dicke der Blutschicht ordnen sich unter dem Deckglas die Erythrozyten mit grosser Vorliebe nebeneinander zu sog. Geldrollen (Fig. 108 g u. 109). Es liegen dann die Körperchen, wie die einzelnen Stücke in einer solchen Rolle, mit der Fläche nebeneinander. Da hat man dann Gelegenheit, die Kantenansicht der Körperchen zu studieren. Wir erkennen eine dünne Mitte und einen verdickten Rand und sehen, dass letzterer nicht scharf, sondern abgerundet ist.

Nach Weidenreich repräsentiert diese Scheibe übrigens nicht die vitale Form des Erythrozyten, sondern entsteht erst künstlich ausserhalb des Gefässes. Nach seiner Anschauung haben die Körperchen innerhalb der Gefässe die Form von Glocken oder konkavkonvexen Näpfchen (Fig. 110).

Fig. 110.

Kernlose Erythrozyten in Glockenform. (Nach Schridde.)

Sehr stark vergrössert.

Die Erythrozyten sind ausserordentlich empfindlich gegen äussere Einwirkungen und reagieren darauf in der verschiedensten Weise. Ohne Zusatzflüssigkeit untersucht haben sie eine leicht gelbe Farbe (Fig. 109). Setzt man zu dem Präparat Wasser, so quellen die Körperchen zu Kugeln auf; das in ihnen enthaltene Hämoglobin

wird ausgelaugt und sie schwimmen nun als schwer erkennbare Schatten in der gefärbten Flüssigkeit. Ausserordentlich leicht kommt es an den Erythrozyten zu Schrumpfungserscheinungen vor allem dann, wenn der osmotische Druck des umgebenden Mediums höher als normal wird, also z. B. wenn man dem Blut Kochsalzlösungen über 0,9 % (hyperisotonische Lösungen) zusetzt oder wenn der Salzgehalt des Mediums durch freiwillige Verdunstung des Wassers zunimmt. Unter solchen Umständen erscheinen die Erythrozyten zackig, maulbeerförmig, morgensternartig, stechapfelförmig (Fig. 108 f).

Die Zahl der Erythrozyten wird beim Mann auf ungefähr fünf Millionen im Kubikmillimeter Blut angegeben, bei Frauen auf nur 4,5 Millionen. Eine deutliche Vermehrung der Zahl der roten Blutkörperchen erfolgt bei Verminderung des Luftdrucks, also beim Aufenthalt an hochgelegenen Orten.

Die Gestalt, Grösse und Struktur der Erythrozyten ist bei den verschiedenen Tieren ausserordentlich verschieden. Die Säugetiere besitzen sämtlich runde, kernlose Erythrozyten, eine Ausnahme machen nur die Tylopoden, zu denen Kamel, Dromedar und Lama gehören. Bei ihnen sind die roten Blutkörperchen nicht rund, sondern oval, aber auch kernlos. Der Durchmesser der Erythrozyten ist auch bei den Säugetieren sehr verschieden. Die grössten roten Blutkörperchen besitzt der Elephant mit 9,4 μ, beim Menschen messen sie 7,5 μ, bei der Katze 6,2 μ, beim Pferd nur 5,6 μ, beim Moschustier gar nur 2,5 μ.

Bei allen übrigen Wirbeltieren sind die Erythrozyten kernhaltige, ovale Scheiben, deren Dicke vom Zentrum nach der Peripherie abnimmt. Eine Ausnahme machen nur die Cyklostomen (Neunauge) die runde, kernhaltige, scheibenförmige Blutkörperchen haben. Eine enorme Grösse erreichen sie bei Proteus anguineus mit 58 : 35 μ, auch der Frosch besitzt recht grosse Erythrozyten 22 : 15 μ (Fig. 108 a, b, c), bei Vögeln, Reptilien und Fischen dagegen sind sie beträchtlich kleiner, so beim Huhn 12 : 7 μ, bei der Eidechse 15 : 9 μ, bei dem Karpfen 17 : 10 μ. Auch über die Struktur der Wirbeltiererythrozyten bestehen viele Differenzpunkte. Beim Salamander sind nach Meves die Erythrozyten membranlos, dagegen besitzen sie einen Stützapparat in Form von reifenartig angeordneten Fibrillen in ihrer Aussenschicht, welche durch Quermembranen miteinander verbunden werden.

Die roten Blutkörperchen werden während des Lebens fortwährend verbraucht, ihre Lebensdauer dürfte 3—4 Wochen be-

tragen. Der Untergang findet statt in der Leber, der Milz, vielleicht auch in den Lymphdrüsen. Für ihren Wiederersatz sorgt beim Erwachsenen ausschliesslich das Knochenmark.

In chemischer Beziehung ist der wichtigste Bestandteil der Erythrozyten das Hämoglobin, ein eisenhaltiges Proteid, gepaart aus einem Farbstoff, dem Hämochromogen und einem Eiweisskörper, dem Globin. Es kommt im arteriellen Blut hauptsächlich in einer Verbindung mit Sauerstoff vor, dem Oxyhämoglobin, das aus dem einen Blute leichter, aus dem anderen schwerer in typischen Kristallen, den sog. Blutkristallen, auskristallisiert. Am leichtesten erhält man sie beim Meerschweinchen als regelmässige Tetraeder. Beim Menschen bilden sie vierkantige Prismen. Das Hämoglobin ist in Wasser leicht löslich mit roter Farbe, die Lösung zeigt, spektroskopisch untersucht, einen charakteristischen Absorptionsstreifen zwischen den Linien D und E, beim Oxyhämoglobin ist derselbe in zwei schmälere Streifen aufgelöst. Behandelt man eingetrocknetes Blut mit Salzsäure resp. mit Essigsäure und Kochsalz, so erhält man kleine rhombische Kristalle, die unter dem Namen der Teichmann'schen Kristalle früher eine grosse Rolle in der forensischen Medizin zur Erkennung von Blutflecken spielten. Sie bestehen aus Hämin, welches der salzsaure Ester des Hämatins ist, das seinerseits durch Oxydation des Hämochromogens sich bildet. Heute bedient man sich zur Erkennung von Blutflecken hauptsächlich des Spektroskops.

Ausser dem Hämoglobin enthalten die Erythrozyten noch Eiweiss, Harnstoff, Lezithin, Cholesterin und geringe Mengen mineralischer Bestandteile.

2. Die farblosen Blutkörperchen, Leukozyten, unterscheiden sich in ganz markanter Weise von den roten Blutkörperchen dadurch, dass sie erstens kein Hämoglobin enthalten und zweitens immer einen Kern besitzen (Fig. 111 u. 112). Sie sind in dem menschlichen Blut in viel geringerer Zahl vorhanden, als die Erythrozyten. Ihre Zahl in 1 mm^3 ist ausserordentlich grossen Schwankungen unterworfen, sie ist in den peripheren Gefässbezirken grösser als in den zentralen (Jacob und Rieder), nach reichlicher Nahrungsaufnahme grösser als im Hunger (Verdauungs-Leukozytose). Gewöhnlich wird ihre Zahl im Kubikmillimeter Blut auf 10000 angegeben, so dass ungefähr auf 500 Erythrozyten eine farblose Blutzelle käme, jedoch scheint nach neueren Untersuchungen (Arneth) die Zahl der weissen Blutkörperchen unter normalen Verhältnissen zwischen 5 und 6 Tausend zu schwanken.

Ihre Grösse ist sehr verschieden, doch sind sie beim Menschen meist grösser, mindestens aber ebenso gross wie die Erythrozyten. Im frischen Blute des Menschen fallen sie auf durch einen eigentümlichen bläulichweissen Glanz. Schon ohne jede weitere Behandlung erkennt man meist in ihrem Körper feine Körnchen, Granulationen, deren Kenntnis wir vor allem Ehrlich und seinen Schülern verdanken.

Die Leukozyten unterscheiden sich untereinander durch verschiedene morphologische Merkmale.

Die Grösse der Zelle und des Kernes, die Beschaffenheit des Zelleibes und des Zellkernes[1]) bilden für die Autoren die Grundlage für die Einteilung der Leukozyten in mehrere Gruppen. Im normalen menschlichen Blute können wir unterscheiden:

a) Lymphozyten (kleine Lymphozyten, Fig. 112 a). Die Zelle hat ungefähr die Grösse eines Erythrozyten, oder ist etwas grösser. Der Kern ist verhältnismässig gross, um ihn herum bildet das Protoplasma eine schmale Zone. Der zumeist rundliche Kern und das Protoplasma, welches gewöhnlich homogen, bei manchen Methoden jedoch fein granuliert erscheint (es sind dies keinerlei richtige Granulationen) sind basophil, wobei das Protoplasma bei manchen Methoden (Methylenblau) sich stärker basophil tingiert als der Kern.

Die Lymphozyten machen im normalen Blute ungefähr 25 % sämtlicher farblosen Blutkörperchen aus.

b) Grosse, mononukleäre Leukozyten (Fig. 112 b). Im grossen Zellkörper (12—20 μ) liegt, meist exzentrisch, ein relativ kleiner ovaler Kern, der stärker basophil ist als der erstere. Sie bilden nur 1 % der farblosen Blutkörperchen.

c) Übergangsformen (Fig. 112 c). Im grossen basophilen Zellkörper (etwas kleiner als die vorigen) treten selten vereinzelte, meist feine neutrophile Granulationen auf. Der stärker basophile Kern ist gewöhnlich eingebuchtet oder zeigt alle Übergänge von einer ovalen zur gelappten Form.

---

1) Ehrlich teilt die granulierten Leukozytenformen nach dem mikrochemischen Verhalten der in den einzelnen Zellenarten vorhandenen Granula zu bestimmten Anilinfarbstoffen (saure, basische und neutrale Farbstoffe) in fünf Gruppen:

α = azidophile (eosinophile) Granulationen;
β = amphophile Granulationen (nur im Tierblut);
γ = Mastzellen-Granulationen;
δ = basophile Granulationen;
ε = neutrophile Granulationen.

Die Gegner der Spezifität der Leukozytenarten betrachten die Übergangsformen als weitere Entwickelungsstufe der Lymphozyten zu den polymorphkernigen neutrophil granulierten Leukozyten. Im normalen Blut ist ihre Zahl ziemlich schwankend; sie machen etwa 2—4 % der farblosen Blutkörperchen aus.

d) Polymorphkernige (polynukleäre), neutrophile Leukozyten (Ehrlich's ε-Granulationen, Fig. 112 d). Die Zellen sind 9—12 μ gross, haben einen wurstförmig gebogenen, hufeisenförmigen, kleeblattförmigen oder unregelmässig eingeschnürten Kern, wobei die einzelnen Teilstücke durch dünne Brücken miteinander verbunden sind. Durch das Abschnüren einzelner Teile vom Kerne kann die Zelle mehrkernig werden. Der Kern ist intensiv basophil, das Protoplasma bei jugendlichen Formen schwach basophil, bei älteren Formen dagegen oxyphil. In ihm finden sich massenhafte, meist sehr feine neutrophile Granulationen. Im Zellkörper kann unter pathologischen Verhältnissen (Diabetes mellitus) Glykogen auftreten. Die polymorph kernigen neutrophilen Leukozyten bilden die Hauptmasse, nämlich ca. 70 % aller farblosen Blutzellen.

e) Eosinophile Zellen (Fig. 112 e, α-Granulationen Ehrlich's). Sie sind meist etwas grösser als die vorigen (12—15 μ), unterscheiden sich von ihnen auch dadurch, dass ihre Granulationen auffällig grob, stark lichtbrechend und nicht neutrophil, sondern intensiv azidophil (oxyphil) sind. Sie enthalten entweder einen polymorphen kleeblattartigen, basophilen Kern oder öfter 2—3 Kerne von unregelmässiger Grösse. Ihre Menge im normalen Blut beträgt 2—4 % aller Leukozyten.

f) Mastzellen (Fig. 112 f, γ-Granulationen Ehrlich's). In ganz verschwindender Menge (unter ½ %) finden wir im normalen Blut dann noch diese letzte Zellform, die uns schon vom Bindegewebe her bekannt ist. Sie sind ca. 10 μ gross. Das Protoplasma weist grobe, meist nicht sehr reichliche, basophile Granula auf und enthält einen schwach färbbaren polymorphen Kern.

Ausser diesen Leukozytenarten trifft man im Blut der Neugeborenen sehr selten noch Gebilde, welche in pathologischen Zuständen auch im Blut Erwachsener auftreten können. Es sind dies junge Formen, welche eigentlich während des postembryonalen Lebens im Knochenmark vorkommen, nämlich: neutrophile, eosinophile und basophile Myelozyten (siehe Knochenmark) und die grossen Lymphozyten, die sich von den kleinen Lympho-

zyten nur durch ihre Grösse und ein besser ausgebildetes Kernkörperchen unterscheiden.

Ausserdem können auch unter Umständen die uns schon bekannten Plasmazellen auftreten.

Den farblosen Blutzellen kommt in hohem Grade die Fähigkeit der amöboiden Bewegung zu; fortwährend wandern sie aus den Blutgefässen aus und gelangen ins Bindegewebe, wo wir sie als Wanderzellen kennen gelernt haben. Der Ersatz erfolgt einmal von der Lymphe her, die sich ja in den Blutstrom ergiesst und ihm fortwährend grosse Mengen Lymphozyten zuführt, die ihrerseits wieder, wie wir später sehen werden, aus den Lymphdrüsen stammen. Sicher nachgewiesen ist dann noch die Herkunft der polynukleären Leukozyten. Sie haben mit den Erythrozyten einen gemeinsamen Ursprungsort, das Knochenmark, das wir deshalb als das wichtigste blutbildende Organ des erwachsenen Menschen bezeichnen müssen. Über die Rolle, welche die Milz als Bildungsstätte von farblosen Blutzellen spielt, sind die Ansichten geteilt. Ehrlich, der verdienstvolle Forscher auf dem Gebiet der Hämatologie, sieht in der Milz keine oder doch nur eine ganz unwesentliche Bildungsstätte farbloser Blutzellen, dagegen lassen Benda, Löwit, Lubarsch, Weidenreich in ihr Lymphozyten entstehen.

3. Die Blutplättchen. Über Bau und Bedeutung dieser von Hayem und Bizzozero aufgefundenen Gebilde ist eine Einigung zurzeit noch nicht erzielt: während Deetjen, Dekhuyzen und Kopsch sie als besondere kernhaltige Zellen ansprechen, fasst sie Arnold als Abschnürungsprodukte, Weidenreich als Zerfallsprodukte von Erythrozyten auf, während endlich Lilienfeld, Franz Müller u. a. behaupten, dass die Plättchen aus zerfallenen Leukozyten und zwar vornehmlich aus ihren Kernen hervorgehen. Sie stellen verschieden grosse (2—15 μ, gewöhnlich etwa 3 μ), verschieden geformte Elemente dar, oft kreisrund und fortsatzlos, häufig aber auch länglich mit zahl-

Fig. 113.
Blutplättchen.
(Kopie nach Weidenreich.)
Sehr stark vergrössert.

reichen Fortsätzen (Fig. 113). Im Innern tritt eine körnige Masse auf, die sich mit basischen Farbstoffen färbt und von Deetjen als Kern angesprochen wird, Weidenreich dagegen betrachtet sie als basophiles Zersetzungsprodukt des Erythrozytenkörpers, wie ja auch, wie früher erwähnt, unter pathologischen Verhältnissen basophile Granulationen im Erythrozytenkörper auftreten können.

Die Zahl der Blutplättchen wird sehr verschieden angegeben; jedenfalls übertreffen sie die Menge der farblosen Zellen beträchtlich, sind aber wesentlich spärlicher vorhanden als die Erythrozyten.

Den Blutplättchen wird von Bizzozero, Laker u. a. eine wesentliche Rolle bei der Blutgerinnung zugeschrieben. Sie sollen den bei niederen Wirbeltieren sich findenden Spindelzellen völlig homolog sein (Meves). Nach Meves wird im gerinnenden Amphibienblut von diesen Spindelzellen ein Stoff abgeschieden, der mit dem Blutplasma eine unlösliche Verbindung, das Fibrin, bildet. Dasselbe scheidet sich von einem Zentrum, welches von der Spindelzelle gebildet wird, in Form feiner Fäden aus (Fig. 113). Erythrozyten und farblose Blutkörperchen stehen in keinem ursächlichen Zusammenhang zur Blutgerinnung.

4. Die Hämokonien. Mit diesem Namen hat H. F. Müller feinste, meist stark lichtbrechende Körperchen und Partikelchen bezeichnet, die sich in der Blutflüssigkeit beobachten lassen, und die immer in lebhafter tanzender, zitternder Bewegung begriffen sind. Wahrscheinlich handelt es sich bei ihnen um Elemente verschiedenster Abkunft, Zerfallsprodukte der körperlichen Elemente des Blutes.

Auch Fetttröpfchen kommen, wie die neueren Untersuchungen mittelst des Ultramikroskops ergeben haben, im Blut in grosser Menge, vor allem nach reichlicher Nahrungsaufnahme, vor (A. Neumann).

Über die Entwickelung der zelligen Elemente des Blutes können wir uns nach dem früher Gesagten kurz fassen. Ursprünglich besteht der Inhalt des eben gebildeten Gefässes aus gleichartigen Zellen, primitiven Blutzellen (Maximow). Ein Teil derselben bildet in ihrem Körper Hämoglobin und wird dadurch zu primären Erythrozyten. Der Rest wandelt sich in Zellen mit grossem Kern und basophilem, beweglichem Zellkörper um, primitive Lymphozyten. Beide Zellarten vermehren sich selbständig durch Teilung, erhalten aber ständigen Zuzug von besonderen blutbildenden Organen her. Als ein solches figu-

riert zunächst die Dottersackwand. Hier lösen sich Endothelzellen der Gefässwand fortwährend ab, um zunächst primitive Blutzellen zu bilden und sich dann ebenfalls in primäre Erythrozyten oder Lymphozyten umzuwandeln.

Als weiteres in ausgedehnter Weise als blutbildend anzusprechendes Organ ist die embryonale Leber zu bezeichnen; auch hier entstehen die Blutzellen ganz ebenso wie in dem Gefässhof und wie auch in dem embryonalen Knochenmark und der Thymus aus Mesenchymzellen.

Die primären Erythrozyten häufen mit der Zeit immer mehr Hämoglobin in sich auf, sie verlieren dabei ihren Kern, der sich in Chromatinkörnchen auflöst. Sie verschwinden im Laufe des Embryonallebens nach und nach aus dem Blut, und an ihre Stelle treten die durch Wucherung aus den Lymphozyten entstehenden Megaloblasten. Sie sind anfangs hämoglobinlos und grosskernig. Sobald die Hämoglobinbildung einsetzt, wird der Kern kleiner, dunkler und verschwindet schliesslich, der Megaloblast wird damit zum typischen Normoblasten, zum fertigen Erythrozyten.

Wie die Entkernung stattfindet, ist strittig. Die einen lassen den Kern aus der Zelle einfach austreten (Bizzozero, van der Stricht, Saxer, v. Kostanecki, Rindfleisch u. a.), nach Maximow wird er von den Endothelzellen aufgefressen. Andere Autoren dagegen leugnen ein solches Austreten. Der Kern soll innerhalb des Erythrozytenkörpers verbleiben, sich auflösen oder doch unsichtbar werden (Löwit, Spuler, Pappenheim u. a.).

Der Rest der Lymphozyten lässt aus sich die verschiedenen Arten von farblosen Blutkörperchen hervorgehen.

2. Die Lymphe.

Die Lymphe besteht ebenfalls aus zelligen Elementen, welche in einer Flüssigkeit schwimmen. Sie stellt eine klare oder milchige, farblose Flüssigkeit dar. Ihre Menge ist beträchtlichen Schwankungen unterworfen, die, wie die Physiologie lehrt, von der Nahrung, der Blutmenge und anderen Momenten abhängig sind. Sie kann auch durch besondere, dem Organismus einverleibte Stoffe, sogenannte Lymphagoga, vermehrt werden. Das spricht dafür, dass die Lymphbildung kein rein physikalischer

Vorgang ist, sondern dass dabei eine sekretorische Wirkung des Blutgefässepithels mitspielt (R. Heidenhain).

Die aus dem Ductus thoracicus in das Blut eintretende Lymphe stammt einmal aus den Gewebsflüssigkeiten, die aus den einzelnen Organen durch die Lymphgefässe abgeführt werden und dabei die Lymphdrüsen passieren, zweitens gesellt sich dazu die aus den grossen serösen Räumen, wie Bauchhöhle, Brusthöhle, Herzbeutel, Ventrikelsystem der nervösen Zentralorgane ablaufende Flüssigkeit, und schliesslich kommt dazu der aus dem Darmkanal stammende Chylus.

Als körperliche Elemente finden sich in der Lymphe in wechselnder Zahl die uns vom Blut her schon hinlänglich bekannten Lymphozyten. Ausserdem enthält die Lymphe vereinzelte rote Blutkörperchen und Fett in wechselnder Menge und feinsten Tröpfchen.

Dritter Teil.

Mikroskopische Anatomie der Organe.

Wie wir in der Einleitung gesehen haben entsteht ein Organ durch Vereinigung von Geweben; es baut sich ein jedes Organ in einer für jeden Fall ganz bestimmten, charakteristischen Anordnung aus den einzelnen, früher besprochenen Gewebsarten auf. Und zwar nehmen in den meisten Organen sämtliche Gewebe: Epithel, Bindesubstanz, Muskeln, Nerven und Blut Teil an dem Aufbau des Organes. Wie diese Vereinigung bei jedem einzelnen Organ stattfindet, lehrt die mikroskopische Anatomie, mit der wir uns in diesem dritten Teil beschäftigen wollen.

Jedes Organ hat innerhalb des menschlichen und tierischen Körpers eine bestimmte Funktion, eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen. Dabei vereinigen sich wieder verschiedene Organe mit gleicher oder ähnlicher Funktion zu Organsystemen. Solcher Organsysteme können wir im menschlichen Körper sieben unterscheiden:

I. Das Kreislaufsystem,
II. das Verdauungssystem,
III. das Atmungssystem,
IV. das Harnsystem,
V. das Fortpflanzungssystem,
VI. das Bewegungssystem,
VII. das Nervensystem mit den Sinnesorganen.

I. Das Kreislaufsystem.

Das Kreislaufsystem setzt sich zusammen aus dem Blutgefässystem, dem Lymphgefässystem und akzessorischen Organen, welche in jedes der beiden Systeme eingeschaltet sind und entweder zur Bildung der körperlichen Elemente des Blutes und der Lymphe oder zur Bereitung gewisser Stoffe dienen, die mit dem Blutstrom weiter transportiert werden.

1. Das Blutgefässystem.

Im Körper aller höheren Tiere und des Menschen findet sich ein geschlossenes System zunächst weiterer, dann durch fortgesetzte Teilung immer enger werdender Röhren, dem die wichtige Aufgabe zufällt, allen Organen die ernährende Flüssigkeit, das Blut, zuzuführen. In ähnlicher Weise wird aus den Organen durch anfangs ganz enge, später infolge fortgesetzten Zusammenfliessens immer weiter werdende Röhren das Blut wieder zurückgeführt. Beide Systeme, das arterielle und venöse Gefässystem stehen in kontinuierlicher Verbindung vermittelst der Kapillaren. Die feinsten Arterien gehen nämlich in die Kapillaren über, aus denen sich dann die Venen entwickeln. Andererseits ist zwischen Arterienursprung und Venenende das Herz als treibender Motor geschaltet, als Ausgangspunkt des arteriellen und Sammelstation des venösen Blutes.

Sämtliche Abschnitte dieses Hohlraumsystems zeichnen sich durch eine hochentwickelte Kontraktilität ihrer Wandung aus, mit deren Bau wir uns nun beschäftigen wollen. Das ganze Hohlraumsystem wird ausgekleidet von einer ununterbrochenen Lage platter Epithelzellen, die also ein geschlossenes Epithelrohr darstellen. Man hat diese vom Mesenchym abstammenden Zellen auch als Endothelzellen bezeichnet.

Die feinsten Gefässe, die Kapillaren, bestehen fast ausschliesslich aus einem solchen einfachen Epithelrohr (Fig. 114). Je weiter wir nun einerseits in den Arterien, andererseits in den Venen vorwärts gehen, um so mehr gesellen sich zu diesem Epithelrohr akzessorische Hüllen (Accessoria) hinzu, die im wesentlichen aus Elementen des Muskelgewebes und des Bindegewebes bestehen. Während das Epithelrohr in der ganzen Aus-

dehnung des Gefässystems die gleiche Zusammensetzung aufweist, werden diese akzessorischen Hüllen mit zunehmender Weite des Lumens immer mächtiger und zeigen in den Arterien und Venen eine verschiedene, für jeden Gefässabschnitt charakteristische Entfaltung und Anordnung.

Man teilt diese akzessorischen Hüllen nach altem Brauche ein in eine zunächst dem Epithelrohr aufliegende Intima, eine dann weiter folgende Media und schliesslich eine die äussere Bekleidung der Gefässwand bildende Adventitia.

Die Muskulatur besteht in der Gefässwand aus glatten Muskelzellen, im Herzen dagegen aus quergestreiften, netzförmig miteinander verbundenen Muskelfasern.

Wir wollen bei unserer Besprechung des Blutgefässystems vom einfacheren zum komplizierteren vorgehen und zunächst die Kapillaren besprechen.

Die Kapillaren.

Als Kapillaren, Blutkapillaren, Haargefässe bezeichnen wir die zwischen die kleinsten Arterien und Venen eingeschalteten Gefässtrecken, welche in Form von Schlingen oder Netzen sämtliche Organe durchdringen (Fig. 114). Sie umschlingen die Muskelfasern mit langgezogenen Maschen, dringen in die feinsten Nervenstämmchen ein, bilden mehr oder weniger dichte Netze in den Drüsen. Solche Blutkapillarnetze liegen auch dicht unter dem Oberflächenepithel des Magendarmkanals und unter der Epidermis. Niemals aber, ganz verschwindende Ausnahmen abgerechnet, dringen die Blutkapillaren zwischen die Epithelzellen selbst ein.

Die Weite der Kapillaren ist je nach dem Orte ihres Vorkommens grossen Schwankungen unterworfen. An manchen Stellen sind sie so eng, dass ihr Durchmesser geringer als der eines Erythrozyten ist, so dass sich die letzteren nur unter vorübergehender Deformierung einer nach dem anderen durchpressen können, an anderen Stellen kann ihr Durchmesser bis zu 50 μ und darüber betragen (Fig. 114).

Die Wand der Kapillaren ist im allgemeinen nur der einfache Epithelschlauch. Die ihn zusammensetzenden Zellen sind dünne Platten, so dünn, dass der meist in der Zellmitte gelegene Kern den Zellkontur ins Gefässlumen hinein vorbuchtet. Die Zellen sind durch geringe Mengen von Kittsubstanz miteinander verlötet. Spritzt man in die Kapillaren eine dünne Höllensteinlösung ein und setzt dann die Präparate dem Licht aus, so reduziert die Kitt-

substanz die Silberverbindung und wir erhalten nun die Kittstreifen in Form eines langmaschigen Netzwerkes. Das gibt uns dann auch einen Einblick in die Form der Epithelzellen. Es sind unregelmässige, langgestreckte Zellen, deren längster Durchmesser in der Längsachse der Kapillare liegt. Je nach dem Kontraktionszustand der Kapillare sind die Zellkonturen bald mehr gerade, gestreckt, bald wellig, unregelmässig. An manchen Stellen sehen wir die

Fig. 114.

Stück des von der Oberfläche gesehenen Omentum majus eines acht Tage alten Hundes.

Ca. 180mal vergrössert.

Kittsubstanz in etwas grösserer Anhäufung, so dass zwischen benachbarten Zellen kleine Kittsubstanzinseln entstehen. Sie werden als *Stomata* oder *Stigmata* beschrieben und sollen den körperlichen Elementen des Blutes als Austrittsstellen dienen.

Nach aussen liegt der Wand der Kapillaren noch eine sog. *Adventitia capillaris* auf. Dieselbe besteht nach den Untersuchungen von *Iwanoff* und *Eberth* aus sternförmigen Zellen, deren Ausläufer miteinander anastomosieren und so das Epithelrohr mit einem Zellnetz bekleiden.

Die Kapillaren sind *kontraktil*. Das hat zuerst *Stricker* an der Nickhaut des Frosches nachgewiesen. Nach *Steinach* und

Kahn kommt diese Eigenschaft auch den Kapillaren der Säugetiere zu und die Art und Weise, wie sie sich kontrahieren, stimmt ganz mit der Arterienkontraktion überein. Die Kapillare kann sich dabei bis zum völligen Verschluss verengern. Während der grösste Teil der Physiologen diese Kontraktion auf Turgeszenzerscheinungen der Epithelzellen zurückführt, lassen Rouget und S. Mayer sie durch Zusammenziehen jener sternförmigen Zellen zustande kommen, die sie als echte Muskelzellen ansprechen. Dafür sprechen nun auch die Versuche von Steinach und Kahn, die beobachteten, dass die Kapillarwand bei der Kontraktion nicht turgeszent, nicht dicker wird, sondern sich in Längsfalten legt. Die Innervation erfolgt vom Nervus sympathicus aus.

Die Art und Weise, wie das Wachstum der Kapillaren erfolgt lässt sich sehr anschaulich im Netz neugeborener Tiere demonstrieren (Fig. 114). Dasselbe wird von einem ausgedehnten Kapillarnetz durchzogen, von dem sich an vielen Stellen seitliche, blind endigende Sprossen abzweigen. Die Epithelzellen der Kapillaren vermehren sich hier durch mitotische Teilung und bilden zunächst kleine Aussackungen der Wand, die sich bald zuspitzen und nun durch fortgesetzte Zellteilung immer weiter vorwachsen. Dann begegnen sich zwei benachbarte Sprossen, vereinigen sich miteinander, höhlen sich aus und wir haben nun eine neue Masche des Kapillarnetzes vor uns. Jede Kapillare entsteht so durch Sprossung einer anderen. Freie Kapillarbildung inmitten des Gewebes aus sog. vasoformativen Zellen (Ranvier) kommt nicht vor.

Die Arterien.

Gehen wir nun von den Kapillaren zu den Arterien über, so treffen wir in den kleinsten, sogen. präkapillaren Arterien ausser den die Kapillarwand konstituierenden Elementen noch eine Lage elastischer Fasern, welche sich zu einer dünnen, elastischen Membran vereinigen können und zwischen Epithelschlauch und kontraktile Zellen eingeschoben erscheint.

Dann aber treten sehr bald an Stelle jener kontraktilen verästelten Zellen typische glatte Muskelzellen, welche ringförmig um das Gefäss herum in einfacher oder doppelter Schicht verlaufen. Sie geben dem Längsschnitt einer solchen kleinen Arterie sein charakteristisches Gepräge, indem die längsgestellten Kerne des Epithels sich kreuzen mit den quergestellten Kernen der Ringmuskeln (Fig. 115). Zwischen Epithelschlauch und Muskelschlauch

finden wir wieder elastische Elemente, die nun zur Bildung einer elastischen Membran, der Elastica interna sich zusammengeschlossen haben. Aussen liegt der Muskelschicht eine dünne längsfaserige Bindegewebsschicht auf.

Mitteldicke Arterien, zu denen wir beim Menschen Gefässe von der Dicke der Art. supraorbitalis bis zu der der Art. brachialis rechnen, geben die für den Bau der Arterienwand typischsten Bilder, wie sie Fig. 116 und 117 im Querschnitt darstellen. Das Gefässlumen, in unserer Abbildung mit Blut gefüllt, wird umsäumt von den Zellen des Epithelschlauchs, von denen hier nur die Kerne sichtbar sind. Nach aussen folgt eine nur sehr wenig hervortretende Lage von längsverlaufenden Bindegewebs-

Kerne der Bindegewebszellen der T. advent. — Quergestellte Muskelkerne — Quergeschnittene Muskelkerne — Kerne der epithelialen Schicht

Fig. 115.

Längsschnitt einer kleinen Arterie aus der Lymphdrüse der Katze.

Ca. 660 mal vergrössert.

fäserchen, untermischt mit feinen, ebenfalls längsverlaufenden elastischen Fasern. Diese Bindesubstanzlage bildet mit der nun folgenden Elastica interna zusammen die Innenhaut, die Intima der Arterie. Die Elastica interna tritt immer sehr markant in welligem Kontur, halskrausenartig hervor. Sie stellt eine kontinuierliche, mit Lücken versehene und durch Verschmelzung elastischer Fasern entstandene Lamelle dar.

Der Intima liegt nach aussen die dicke Muskelschicht, die Media, auf. Sie wird in ihrer Hauptmasse gebildet durch zirkulär verlaufende, in zahlreichen Schichten angeordnete Muskelzellen. Längsverlaufende, also im Gefässquerschnitt quer getroffene Muskelzellen finden sich in der Media mittlerer Arterien nur relativ selten, so besonders an den Teilungsstellen. Zwischen den Muskel-

zellen tritt Bindegewebe auf mit mehr oder weniger zahlreichen, meist stark geschlängelt verlaufenden elastischen Fasern. Die letzteren können innerhalb der Media Netze bilden.

Die Adventitia bildet die äussere Bekleidung der Media. Sie setzt sich gegen die letztere durch eine, allerdings nicht immer vollständige, elastische Membran ab, die Elastica externa, die ebenfalls stark geschlängelt erscheint. Die Adventitia besteht zum überwiegenden Teil aus Bindegewebe mit eingelagerten elastischen Fasern. Die letzteren verlaufen in den inneren Abschnitten der Adventitia vorwiegend longitudinal, in den äusseren mehr zirkulär.

Fig. 116.

Querschnitt durch eine kleine Arterie und eine zugehörige Vene von einem Hunde. Ca. 220mal vergrössert.

Auch Muskulatur kommt der Adventitia der mittleren Arterien zu und zwar finden sich längslaufende Muskelzellen in den inneren und mittleren Partien, allerdings meist nur in wenig umfangreichen Bündeln. Verhältnismässig stark entwickelt sind sie in der Art. lienalis und dorsalis penis.

Von dem oben besprochenen Bau zeigen die Arterien grossen Kalibers, wie Carotis communis, Subclavia, Femoralis, Iliaca communis und Aorta folgende Unterschiede (Fig. 117, 118, 119 u. 120). Die Epithelzellen werden nach dem Herzen zu immer kürzer und stellen in der Aorta polygonale Platten dar. Die Intima zeigt keine wesentlichen Verschiedenheiten, nur ihre Elastica interna stellt

keine einfache elastische Membran mehr dar, sondern löst sich in zwei Lamellen, eine Lamina interna und externa auf (Grünstein) (Fig. 118). In der Aorta dagegen tritt die Lamina interna elasticae

Fig. 117.

Fig. 118.

Fig. 117. Stück eines Querschnittes der Arteria femoralis des Hundes.
Ca. 150 mal vergrössert.

Fig. 118. Querschnitt durch die Art. femoralis des Menschen.
Es sind nur die elastischen, mit Resorzin-Fuchsin gefärbten Fasern zu sehen.
Ca. 230 mal vergrössert.

internae in Form längsverlaufender elastischer Fasern auf (Fig. 120). In der Media nehmen die elastischen Elemente immer mehr zu. Es wechselt immer eine Lage Muskelzellen mit einer Lage Bindegewebe, welch letztere in ihrer Mitte elastische Fasern (Femoralis, Iliaca) oder elastische, konzentrisch angeordnete Lamellen (Carotis

communis, Subclavia und Aorta) umschliesst. Am Ursprung aus dem Herzen, ist die Aorta sowohl, als die Pulmonalis ein kurzes Stück weit ganz frei von Muskeln (Eberth). Die elastischen Lamellen treten in

Fig. 119. Fig. 120.

Fig. 119. Stück eines Querschnittes der Aorta des Hundes.

Ca. 140 mal vergrössert.

Fig. 120. Längsschnitt durch die Aorta des Menschen.

Es sind nur die elastischen, mit Resorzin-Fuchsin gefärbten Fasern zu sehen.

Ca. 260 mal vergrössert.

Bei X sind in der Zeichnung 17 cm der Media ausgelassen, weil die Figur sonst zu gross würde.

Form von gefensterten Häuten auf, die sich spalten und miteinander verbinden. Der Adventitia fehlt die Muskulatur, auch kommt es in der Aorta nicht mehr zur Entwickelung einer Elastica externa (Fig. 119 u. 120).

Einige Worte noch über die Arterien der Schädelhöhle, die sich in einigen Punkten von den gleichkalibrigen Körperarterien unterscheiden. Dieselben zeigen eine Abnahme der elastischen Elemente in der Media und Adventitia, was sich daraus erklärt, dass diese Arterien, durch die sie umgebende knöcherne Schädelkapsel äusseren Einflüssen (Deformierung durch Druck und Zug) vollständig entrückt sind. Die gefensterte Elastica interna ist in den Gehirnarterien gut entwickelt. Das elastische Gewebe der Media besteht aus einzelnen zirkulären dünnen Fasern, welche sich bei Kleinerwerden der Gefässe bald verlieren. Ebenso fehlt ihnen vollständig eine Elastica externa. In der Adventitia finden wir nur in der inneren Partie dichtgedrängte, zirkulär verlaufende Fasern, welche direkt der Media anliegen (Triepel).

Die Venen.

Der Bau der Venenwand unterscheidet sich von dem der Arterienwand in vieler Beziehung ganz beträchtlich. Die Wand der Venen ist immer relativ dünner als die der Arterien, was

Fig. 121.

Stück eines Querschnittes durch eine mittlere Vene des Hundes.

Ca. 280 mal vergrössert.

hauptsächlich auf eine schwächere Entwickelung der Media zurückzuführen ist (Fig. 116). Die Venenwand ist gegenüber der Arterienwand als arm an Muskulatur und elastischen Elementen zu

bezeichnen (Fig. 121). Nur die Adventitia zeigt eine stärkere Entwickelung als in den Arterien. Ferner ist es noch charakteristisch, dass die Venenwand niemals eine solche Regelmässigkeit und Gesetzmässigkeit in der Anordnung ihrer Elemente zeigt wie die Arterienwand. Diese Eigenschaften bedingen eine gewisse Schlaffheit und Zusammendrückbarkeit der Venenwandung bei einer erheblichen Dehnbarkeit. Dazu kommen noch in den Venen Einrichtungen, die die Arterien nicht besitzen, und die dem Blutstrom nur die Bewegung nach dem Herzen hin gestatten. Es sind das die Venenklappen.

Die Zellen des Epithelrohres gleichen denen der Arterien, doch sind sie im grossen und ganzen nicht so langgestreckt, mehr polygonal. Die Intima ist schwach entwickelt und fehlt manchen Venen ganz (Cava, Jugularis, Axillaris, Portae). Kleinere Venen besitzen oft eine stärkere Intima als grössere. Charakteristisch ist das Vorkommen von Muskelzellen in der Intima, die meist schräg oder längs verlaufen; besonders an den Venen der unteren Extremität sind sie gut entwickelt und erreichen ihre grösste Mächtigkeit in der Vena poplitea. Eine Elastica interna findet sich immer, auch schon in den ganz kleinen Venen, doch niemals in solcher Mächtigkeit wie in den Arterien. Nur in den grossen Venen kommt es zur Bildung einer geschlossenen Elastica interna, die mittleren und kleinen Venen besitzen an ihrer Stelle feine Netze elastischer Fasern.

Wie schon vorher erwähnt, ist die Media in den Venen nur relativ schwach entwickelt, ihr Gehalt an Muskulatur ist ein ausserordentlich schwankender. Bei einer ganzen Anzahl von Venen besteht sie ausschliesslich aus Bindegewebe und elastischen Fasern, so sind die Venae jugulares externa und interna und subclavia in der Nähe ihrer Mündung in ihrer Media ganz ohne Muskulatur. Die stärkste Entwickelung zeigt die Muskulatur der Media wieder in der unteren Extremität, hier finden sich in ihr Ring- und Längsmuskeln. Die elastischen Fasern bilden in der Media der Venen niemals so starke gefensterte Membranen wie in den Arterien, sondern meist feine Fasernetze.

Die Adventitia ist in den Venen stärker entwickelt als in den Arterien und zeigt auch eine gewisse Konstanz, indem ihre Stärke im allgemeinen auch mit wachsendem Gefässdurchmesser zunimmt (Fig. 122). Charakteristisch für sie ist die geringe Entwickelung ihrer elastischen Elemente und der starke Gehalt an Muskelzellen. Die ersteren bilden immer nur Netze, niemals

Häute, die letzteren sind längsverlaufend und können unter Umständen zu einer geschlossenen Längsmuskelschicht zusammentreten.

Die Venenklappen kann man als Duplikaturen der Intima bezeichnen mit der Einschränkung, dass die Muskulatur der Intima niemals in die Klappe selbst eintritt, sondern gewissermassen ihre Basis in Form eines Ringes bildet. Der epitheliale Überzug zeigt auf der inneren, dem Blutstrom zugekehrten Klappenfläche längliche Zellen, mit ihrer Längsachse in der Gefässrichtung stehend, auf ihrer äusseren Fläche dagegen unregelmässig polygonale Zellen. Unter dem Epithel findet sich ein Netz feiner elastischer Fasern, das auf der inneren Fläche stärker ist als auf der äusseren. Den Grundstock der ganzen Klappe bildet ein Bindegewebe mit spärlichen elastischen Fasern vermischt.

Fig. 122.

Stück eines Querschnittes der Vena cava inferior des Hundes.

Ca. 150mal vergrössert.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass der einigermassen Geübte unter dem Mikroskop immer sofort wird unterscheiden können, ob es sich in einem gegebenen Falle um eine Arterie oder Vene handelt. Für den Anfänger wollen wir die wichtigsten Unterscheidungspunkte noch einmal kurz hervorheben:

Die Arterie hat immer im Vergleich mit einer gleich grossen Vene eine dickere Wandung und ein dementsprechend engeres Lumen.

Die Arterie hat immer eine gut abgesetzte Media, die reich an Muskulatur und elastischen Fasern ist.

Die Vene hat dagegen eine stärkere Adventitia, in der sich fast immer längsverlaufende Muskelbündel finden.

Das Arterienlumen erscheint meist weit klaffend, das Venenlumen dagegen kollabiert. Das erstere enthält selten, das letztere meistens grössere oder geringe Mengen von Blut.

Die innere Begrenzung einer quer durchschnittenen Arterie ist wellenförmig, da Intima und Epithelrohr Längsfalten bilden, infolge der Kontraktion der Muskelelemente der Media. Solche Falten sind in den Venen nicht zu sehen.

Die mittleren und grossen Gefässe sind mit besonderen Gefässen zur Ernährung ihrer Wand versehen, Vasa vasorum, und zwar erhält jedes Gefäss eine Arterie, aus der sich zwei Venen entwickeln (Fig. 122). Sie verlaufen in der Adventitia und dringen mit ihren Kapillarmaschen auch bis in die Media vor.

Auch Lymphgefässe begleiten und umspinnen die Blutgefässe. Sie können als geschlossene, mit Epithel ausgekleidete Röhren die feinen Arterien umscheiden, so dass die ernährende Flüssigkeit, um von dem durchströmenden Blut zu dem betreffenden Organ zu kommen, erst das Lymphgefäss passieren muss. Solche perivaskuläre Lymphräume finden wir an den Gefässen vieler Drüsen, im Zentralnervensystem und im Knochenmark.

Die Nerven der Gefässe stammen aus dem Nervus sympathicus, sie bilden nach Ranvier zunächst innerhalb der Adventitia einen unregelmässigen, langmaschigen Plexus fundamentalis; aus ihm dringen die Fasern bis zur Media vor und bilden in deren äussersten Schichten einen Plexus perimuscularis, aus dem wiederum Fasern hervorgehen, die innerhalb der Media einen dritten Plexus, den Plexus intramuscularis, bilden. Die aus ihm abzweigenden Fäserchen endigen mit kleinen Anschwellungen an den glatten Muskelzellen. Nach Dogiel treten an die Gefässwand auch markhaltige sensible Nervenfasern heran; sie zerfallen hier in zahllose feine Fäserchen, die sich vielfach miteinander verflechten und in hirschgeweihartige, zwischen Media und Adventitia gelegene Bildungen auslaufen.

Das Herz.

Am Herzen können wir ganz ähnlich wie an den Blutgefässen vier, seine Wand konstituierende, Schichten unterscheiden:

1. das Epithel des Herzens,
2. das Endokardium,
3. das Myokardium und
4. das Epikardium.

1. Das Epithel des Herzens. Das Gefässepithel setzt sich aus den grossen, in das Herz einmündenden resp. aus ihm entspringenden Gefässtämmen kontinuierlich auf das Herz fort, um die gesamte Innenfläche auszukleiden. Die Epithelzellen des Herzens gleichen auch ganz denen der grossen Gefässe, es sind polygonale, etwas in die Länge gezogene, platte Zellen, deren Durchmesser zwischen 15 und 27 μ schwankt.

2. Das Endokardium zeigt in seinen Bauverhältnissen eine gewisse Übereinstimmung mit der Intima der Blutgefässe. Es besteht wie diese aus Bindegewebe, untermischt mit elastischen Fasern, nur sind die letzteren hier in weitaus grösserer Mächtigkeit entwickelt wie in der Gefässintima. Vor allem ist es das Endokard der Vorhöfe, das ausserordentlich reich an elastischen Fasern ist. Sie bilden sowohl weitere und engere Netze als auch starke elastische Platten. Zu diesem Bindegewebe gesellen sich dann noch ganz wie in den mittleren Venen glatte Muskelzellen. Bei vielen Säugetieren, am schönsten beim Schaf, treten an Stelle dieser glatten Muskelzellen quergestreifte, von Purkinje entdeckte und nach ihm als Purkinje'sche Fäden bezeichnete Fasern. Diese Fasern verzweigen sich, anastomosieren miteinander und bilden so ein dicht unter der Ventrikelinnenfläche gelegenes muskulöses Netzwerk. Die Fasern zeigen uns in ihrem Bau gewissermassen embryonale Verhältnisse. Auf dem Querschnitt wird die Fasermitte eingenommen von einem undifferenzierten Protoplasma, das die Kerne enthält. Die Peripherie der Zelle dagegen wird gebildet von kontraktilen Fibrillen, die in Form eines Mantels das Protoplasma umhüllen. Wir haben also hier Verhältnisse, wie wir sie früher bei den embryonalen Muskeln geschildert haben.

Das Endokardium wird mit dem Myokardium verbunden durch ein lockeres Bindegewebe, mehr oder weniger stark von Fettzellen durchsetzt, welches Blutgefässe und Nerven für das Endokard enthält.

3. Das Myokard bildet den wichtigsten und überwiegenden Bestandteil der Herzwand und setzt sich aus den früher beschriebenen charakteristischen Herzmuskelfasern zusammen. Die Fasern

werden durch Züge von lockerem Bindegewebe zu feineren und gröberen Muskelbündeln vereinigt, welche in ganz charakteristischer Weise in den einzelnen Teilen des Herzens angeordnet sind. Der spezielle Verlauf dieser Bündel ist Sache der systematischen Anatomie, nur einige kurze Angaben seien hier angebracht.

Wir unterscheiden Muskelbündel der Kammern und Muskelbündel der Vorhöfe und unter beiden wieder solche, welche beiden Kammern resp. Vorhöfen gemeinsam sind, und solche, welche nur einer Kammer oder einem Vorhof eigen sind. Alle Kammerbündel gehen aus von den Annuli fibrosi, zwei derben bindegewebigen, zahlreiche elastische Fasern enthaltenden Ringen, von denen der eine rechten Vorhof und rechte Kammer, der andere linken Vorhof und linke Kammer gegeneinander abgrenzt. Die den Kammern gemeinsamen Muskelbündel ziehen vom Annulus fibrosus in einer das Kammergebiet äusserlich umhüllenden Schicht schräg von oben nach unten zur Herzspitze, hier wenden sie spiralig um, bilden eine Art Wirbel und steigen nun an der Innenfläche der Kammern in die Höhe und zwar so, dass die Richtungen der äusseren und inneren Fasern sich kreuzen. An der Vorderfläche laufen sie von rechts oben nach links unten, an der Hinterfläche von links oben nach rechts unten. An der Innenfläche der Kammern gehen sie über in die Trabeculae carneae und die Musculi papillares. Die Eigenbündel der Kammern sind zwischen die äussere und innere Lage der vorigen eingeschoben und bilden in jeder Kammer einen mächtigen muskulösen Sack. Die Eigenbündel der Vorhöfe bilden einmal muskulöse Ringe um die sich in die letzteren öffnenden Gefässe, dann aber bilden sie schlingenförmig jeden Vorhof umkreisend die Hauptmasse seiner Muskulatur. Die gemeinsamen Bündel umkreisen in dünnerer äusserer Schicht beide Vorhöfe.

Ausserdem aber findet sich noch ein Muskelsystem, welches Vorhöfen und Kammern gemeinsam ist in der Form der von Gaskell, Stanley und His zuerst beschriebenen Brückenfasern. Es lässt sich leicht beobachten, dass das von allen seinen zutretenden Nerven losgelöste Herz, unter geeigneten Vorsichtsmassregeln sogar auch ausserhalb des Körpers, lange Zeit in vollkommenem Rythmus weiter schlägt. Während man früher das Zentrum dieser Bewegung in den gleich zu besprechenden Herzganglien suchte (neurogene Theorie), verlegt man dasselbe jetzt in jene Brückenfasern, die man deshalb auch als Reizleitungsbündel bezeichnet hat (myogene Theorie). Durchschneidet man

es, so tritt zwischen Vorhofs- und Kammerkontraktion eine längere Pause ein. Dieses Bündel ist überall von der übrigen Herzmuskulatur scharf durch Bindegewebe getrennt, es entspringt an der Valvula thebesii des Sinus coronarius, verläuft über dem Trikuspidalsegel nach vorn und verbindet sich dabei mit der Muskulatur der Vorhöfe, dann tritt es in das Septum ventriculorum ein, spaltet sich in ihm in zwei Schenkel, die nach Tawara unter dem Endokard der Ventrikel und in den Papillarmuskeln endigen, nach Fahr dagegen schon bald mit der Ventrikelmuskulatur verschmelzen.

Das elastische Gewebe ist in dem jugendlichen Myokard nur sehr schwach vertreten, nimmt aber im Laufe des Lebens immer mehr zu in dem Masse, als die Muskulatur den Anforderungen an die Elastizität der Herzwand nicht mehr zu entsprechen vermag. Es umspinnen dann die elastischen Fasern besonders in den unter der Aortenwurzel gelegenen Muskelpartien die Muskelfasern in starken Netzen und bilden so eine wirksame Unterstützung der Muskulatur für die Öffnung des Herzens im Beginn der Diastole (Krehl).

4. Das Epikardium bildet eine starke bindegewebige Haut, die zahlreiche elastische Fasern enthält, welche sich nach innen zu einer mehr kontinuierlichen elastischen Membran anordnen. Es ist durch ein lockeres, mit zahlreichen Fettzellen durchsetztes, subseröses Bindegewebe mit dem Myokard verbunden. Aussen wird das Epikard bekleidet von einem einfachen, niedrigen Plattenepithel, dessen polygonale Zellen recht verschiedene Grösse darbieten.

Die Herzklappen sind im wesentlichen als Duplikaturen des Endokards zu betrachten. Sie besitzen einen bindegewebigen Grundstock, der beiderseits von Epithel bekleidet ist. Im Kindesalter enthalten alle Klappen auch Muskelfasern, die aber nach und nach verschwinden. Nur die Atrioventrikularklappen des Erwachsenen zeichnen sich noch durch einen geringen Muskelgehalt aus.

Das Perikard besitzt ganz denselben Bau, wie das Epikard, in welches es ja kontinuierlich übergeht.

Die Blutversorgung des Herzens ist bekanntlich eine ausserordentlich reiche. Die Arterien stammen aus den Arteriae coronariae, ihre Äste dringen in das Myokard ein, verzweigen sich hier innerhalb des Bindegewebes vielfach und umspinnen schliesslich die Muskelfasern mit langen Kapillarmaschen. Die Venen entsprechen in ihrem Verlauf den Arterien.

Entsprechend dem Blutgefässnetz zeigen auch die Lymphgefässe des Herzens eine starke Entwickelung. Wir unterscheiden ein endokardiales, ein myokardiales und ein epikardiales Lymphgefässnetz. Das erste und das letzte bestehen aus geschlossenen Bahnen, im Myokard dagegen stehen die geschlossenen Bahnen mit dem weiten Spaltennetz in offener Verbindung, welches sich zwischen die einzelnen Muskelfasern schiebt; in diesen Muskelinterstitien müssen wir die Wurzeln der Herzlymphgefässe suchen.

Die Nerven gelangen in zahlreichen feinen Zweigen vom Plexus cardiacus mit den grossen Gefässen zur Herzbasis. Hier zweigen sie teils direkt zu den Vorhöfen ab, teils gelangen sie mit den Arteriae coronariae dextra et sinistra zu den Ventrikeln. In der Herzwand bilden sie einmal einen oberflächlich in dem Epikard gelegenen Plexus, einen zweiten innerhalb des Myokards gelegenen und einen dritten endokardialen, an dem man wieder eine subendokardiale, eine endokardiale und eine subepitheliale Abteilung unterscheiden kann. Die Herznerven sind sehr reich mit Ganglienzellen durchsetzt, am reichlichsten an der Atrioventrikulargrenze und in der Tiefe des Sulcus longitudinalis anterior. Es sind sämtlich Zellen vom sympathischen Typus, mit einer Kapsel umgeben und häufig zweikernig. Ihre Neuriten enden teils an den Muskelfasern des Herzens, teils an den Zellen benachbarter Ganglien.

Die Milz.

Die Milz können wir als eine in den Blutkreislauf eingeschaltete Lymphdrüse, eine Blutlymphdrüse, bezeichnen. Sie ist, wie die Untersuchungen der letzten Jahre gezeigt haben, rein mesodermaler Herkunft und erscheint zuerst als Zellhaufen innerhalb des Mesogastriums, zu dem sich später noch Zellen des Cölomepithels gesellen.

Die Milz wird umhüllt von einer starken bindegewebigen Kapsel, welche neben elastischen Fasern auch glatte Muskeln enthält. Die letzteren sind beim Menschen schwächer entwickelt als bei vielen Tieren (Schwein, Schaf). Am Hilus dringt die Kapsel mit den Gefässen in das Innere des Organs ein. Von ihrer ganzen inneren Oberfläche gehen zahlreiche Balken aus, die Milztrabekel, welche sich nach kurzem Verlauf teilen, miteinander anastomosieren und so ein das ganze Organ durchziehendes Balkenwerk bilden, das an der Peripherie etwas regelmässigere, nach innen aber ganz unregelmässige Hohlräume umschliesst (Fig. 123).

Diese Hohlräume sind ausgefüllt von der *Milzpulpa*, die im frischen Zustand infolge ihres grossen Blutreichtums eine dunkelrote Farbe besitzt. Es ist die Pulpa ein von zahlreichen Gefässen durchsetztes lymphoides Gewebe oder mit anderen Worten es füllt die Pulpa alle von den Gefässen und Milzbalken freigelassenen Stellen des Milzinneren aus. Sie enthält in den Maschen ihres Retikulums folgende Zellarten: 1. *Grosse Lymphozyten* mit

Fig. 123.

Stück eines Schnittes durch die Milz eines Affen.

Ca. 60 mal vergrössert.

einem oder mehreren Kernen. 2. *Eosinophile Zellen* (siehe Blut). 3. *Phagozyten*, es sind das grosse, meist einkernige Zellen, die in ihrem Körper rote Blutkörperchen oder deren Zerfallsprodukte enthalten. 4. *Rote Blutkörperchen* und Trümmer von solchen. 5. *Blutplättchen*. 6. *Kernhaltige*, d. h. *junge rote Blutkörperchen* kommen nur in der Milz des Fetus und Kindes vor. Man trifft sie bei Erwachsenen auch nach sehr starken Blutverlusten. 7. *Riesenzellen*. Die letzteren finden sich eben-

falls beim Erwachsenen nicht, wohl aber bei Embryonen. Ausserordentlich zahlreich sind sie in der Milz mancher Tiere vertreten, vor allem beim Igel und beim Maulwurf. Es sind das grosse, bis zu 50 μ im Durchmesser haltende Zellen, deren Kerne die allerverschiedensten Formen zeigen und bedeutende Grösse erreichen. Sie können gelappt sein oder einen Haufen kleinerer, durch Sprossen miteinander in Verbindung stehender Kerne darstellen. Sie können Korbform besitzen (Arnold und Denys) oder Hohlkugeln, Kugelschalen ähneln (Heidenhain), so dass dann das Zellprotoplasma in ein intranukleäres Endoplasma und ein extranukleäres Exoplasma zerfällt, welche beide durch Verbindungsbrücken, die die Substanz des kugelschalenförmigen Kernes durchziehen, miteinander verbunden sind. Nach Pugliese entstehen aus diesen eigenartigen Zellen durch Sprossung und Zerfall die Lymphozyten.

Ferner besitzt die Milz lymphoides Gewebe noch in Form der sog. Malpighi'schen Körperchen, Noduli lymphatici lienales, die sich durch ihre helle, grauweisse Färbung von der roten Pulpa sehr charakteristisch in Form rundlicher oder länglicher Flecke abheben. Man kann sie in ihrer Gesamtheit auch der roten Pulpa als weisse Pulpa gegenüberstellen. Bau und Anordnung dieser Gebilde soll sogleich besprochen werden.

Die Blutgefässe spielen naturgemäss in der Milz eine ausserordentlich wichtige Rolle und der Bau des Organs lässt sich nur an der Hand einer genauen Beschreibung des Blutgefässverlaufs verständlich machen. Über die Details dieses Verlaufs herrschten noch bis vor kurzem weitgehende Differenzen unter den Forschern, die aber heute bis zu einem gewissen Grade als erledigt betrachtet werden dürfen. Wir folgen in unserer Beschreibung den eingehenden Untersuchungen von Weidenreich. Die Arterien der Milz, Zweige der Arteriae lienalis, gastroepiploica sinistra und gastrica dextra treten am sog. Hilus in das Organ ein, verzweigen sich, ohne sich jedoch miteinander zu verbinden, ausserordentlich reichlich und verlaufen dabei innerhalb der Milzbalken. Haben die Arterienäste einen ungefähren Durchmesser von 200 μ erreicht, so treten sie aus den Trabekeln heraus und sind nun bis zu einem Durchmesser von 15—20 μ von einer Scheide von retikuliertem Gewebe umgeben, das von zahlreichen Lymphozyten durchsetzt ist. Eine solche aus adenoidem Gewebe bestehende Arterienscheide bildet bei manchen Tiergattungen, z. B. Nagern, eine kontinuierliche Hülle um die Arterie. Bei anderen Tieren und beim Menschen ist sie auf einzelne umschriebene Stellen beschränkt und stellt

ovoide oder kugelige Verdickungen dar. Sie tritt also hier in Form follikelartiger Bildungen auf, welche als Milzknötchen oder Malpighi'sche Körperchen bezeichnet werden und in ihrem Inneren Keimzentren enthalten können (Fig. 123, 124). Nach aussen gehen die Scheiden in das retikulierte Gewebe der Pulpa über. Sie enthalten ausserdem noch feine Kanälchen, welche in die gleich zu besprechenden Milzsinus führen, ihr blinder Anfang liegt bald unmittelbar an der Gefässwand, bald mehr in der Peripherie der Scheide. Wir bezeichnen sie mit Weidenreich als Lymphröhrchen.

Wenn das Arterienlumen bis auf ungefähr 15 μ gesunken ist, verliert sich die Scheide und nun zerfällt die Arterie pinselartig innerhalb der Pulpa in zahlreiche Zweige. Es entstehen so die von Ruysch durch Injektion dargestellten Penicilli. An jedem neu entstandenen Arterienästchen, dem einzelnen Pinselhaar entsprechend, können wir drei verschiedene Abschnitte unterscheiden. Im ersten, längsten Abschnitt, zeigt seine Wand die allgemeinen Bauverhältnisse der Arterienwand, in der Adventitia finden sich noch spärliche Lymphozyten. Im zweiten, wesentlich kürzeren Abschnitt, umgibt sich die Arterie mit einer Hülle, der sog. Kapillarhülse (Schweigger-Seidel). Die Wand besteht hier zunächst innen aus spindeligen, weit in das enge Lumen vorragenden Epithelzellen, auf sie folgt nach aussen die Hülse, bestehend aus längsgestellten, feineren und gröberen Fasern mit dazwischen gelegenen Kernen. Der dritte und kürzeste Abschnitt der Arterie kann als arterielle Kapillare bezeichnet werden. Ihre Wand ist sehr dünn und besteht aus Epithelzellen und spärlichen Hülsenzellen. Die arteriellen Kapillaren münden nun entweder in einen Milzsinus oder sie öffnen sich in das Retikulum der Milzpulpa.

Diese Milzsinus bilden ein plexusartig angeordnetes Kanalsystem, das den grössten Teil der Milzpulpa ausmacht (Fig. 124). Sein Durchmesser schwankt zwischen 40 und 50 μ. Das die Sinus auskleidende Epithel setzt sich zusammen aus langen, schmalen, faserförmigen Zellen. In der Mitte jeder Faser liegt ein Kern, der die Faser an Dicke und Breite übertrifft und deshalb ziemlich stark ins Lumen des Sinus vorspringt. Die Kernmembran ist in zwei bis drei deutlichen Längsfalten eingebuchtet. Ob wir es in diesen Stabzellen mit kontraktilen Elementen zu tun haben, ist wahrscheinlich, aber noch nicht sicher erwiesen. Die Stabzellen liegen nicht in geschlossener Schicht, sondern sie sitzen in kleinen Zwischenräumen einer homogenen, strukturlosen Aussenmembran

auf, der Sinusmembran. Durch sie sieht man zu allen Zeiten in grosser Menge Lymphozyten in die Pulpa durchwandern oder umgekehrt. Ob eine solche Diapedese auch für die Erythrozyten statthat, ist zurzeit mit voller Sicherheit noch nicht entschieden, aber als wahrscheinlich zu bezeichnen.

In diese Milzsinus münden also, wie wir sahen, einerseits die kleinsten Arterien und die Lymphröhrchen, andererseits gehen aus ihnen hervor die Pulpavenen, die sich zu den in den Trabekeln mit den Arterien zusammenverlaufenden Balkenvenen sammeln. Beide bestehen aus einer Epithellage, welcher die faserigen Bestandteile der Trabekel direkt anliegen. Schliesslich stehen aber auch die Milzsinus durch kurze Seitenäste in offener Verbindung mit den Maschenräumen des Pulparetikulums, in welche, wie oben auseinandergesetzt wurde, ein Teil der arteriellen Kapillaren sich öffnet. Es kann also das Blut entweder durch die Arterien in die Sinus strömen und von da aus in die Venen abfliessen oder es muss den Umweg durch die Maschen des Pulparetikulums wählen. Unter normalen Umständen werden wohl beide Wege von dem Blutstrom eingeschlagen werden. Ist die Pulpa reich an körperlichen Elementen des Blutes, kann sie nicht mehr aufnehmen, so wird der Überschuss direkt von der Arterie in den Sinus entleert (Weidenreich).

Wie exakte Zählungen ergeben haben ist das Milzvenenblut an Lymphozyten sehr viel reicher als das Blut der Milzarterien, es stellt also die Milz unzweifelhaft eine Brutstätte für Lymphozyten dar. Andererseits aber ist sie auch der Ort, an dem ein Zerfall von Erythrozyten statthat oder doch wenigstens die Stelle, wo zerfallene Erythrozyten aus der Blutbahn von anderen Zellen, den früher beschriebenen Phagozyten aufgenommen werden. Sie wird deshalb auch geradezu als Filter für zerfallene Erythrozyten bezeichnet. Dieses Material wird nach den Untersuchungen von Pugliese dann durch die Pfortader der Leber zugeführt und hier in Gallenfarbstoff umgesetzt. Ausserdem stellt aber die Milz mit ihrem komplizierten Gefässystem ein Organ dar, welches einen regulierenden Einfluss auf den Blutstrom innerhalb der Bauchhöhle ausübt und ist zu diesem Zweck ausserordentlich reich mit Nerven versorgt.

Die Nerven der Milz stammen aus dem Plexus coeliacus und sind ganz überwiegend sympathischer Natur und nur spärlich mit markhaltigen Fasern vermischt. Sie treten mit den Gefässen am Hilus ein und verzweigen sich auch mit ihnen. Innerhalb der

Milzpulpa bilden sie einen weitmaschigen Plexus, von dem einmal motorische Fasern zu den Wänden der Arterien, Sinus und Venen gehen, ausserdem aber entwickeln sich auch aus ihm sensible Fasern, die frei in der Pulpa und den Malpighi'schen Körperchen enden (Koelliker, Retzius).

Glomus caroticum.

Die Karotidendrüse, Glomus caroticum ist ein kleines, beim Menschen ungefähr weizenkorngrosses Knötchen, gelegen an der Teilungsstelle der Art. carotis communis.

Nach den Untersuchungen Schaper's stellt es eine Wucherung der Arterienwand dar. Es wird umhüllt von einer bindegewebigen Kapsel, deren bindegewebige Fortsätze, Septen, das Parenchym in kleine, rundliche Läppchen zerlegen, die ihrerseits wieder aus einzelnen Zellballen bestehen. Jeder Zellballen setzt sich zusammen aus rundlichen oder polyedrischen, epithelzellenähnlichen, sog. epitheloiden Zellen.

Die Karotidendrüse zeigt einen grossen Gefässreichtum. Die aus einer der Karotiden in sie eintretende kleine Arterie zerfällt in zahlreiche Zweige, von denen jeder in einen Zellballen eintritt und sich in ihm in ein sehr dicht geknäueltes Kapillarnetz auflöst. Die aus den einzelnen Knäueln austretenden Venen anastomosieren miteinander und bilden einen die Oberfläche des Organs umspinnenden venösen Plexus. Aus ihm sammelt sich das Blut zu mehreren abführenden Venenstämmen.

Kapillaren und epitheloide Zellen sind innig miteinander verbunden, so dass die ersteren häufig die letzteren umgreifen. Im höheren Alter tritt eine Wucherung des Bindegewebes auf Kosten der epitheloiden Zellen ein.

In das Knötchen treten markhaltige und marklose Nervenfasern in grosser Zahl ein, in deren Verlauf auch Ganglienzellen eingeschaltet sind.

Glomus coccygeum.

Die von Luschka entdeckte Steissdrüse, Glomus coccygeum sitzt der Art. sacralis media auf und zeigt im wesentlichen den gleichen Bau, wie die Karotidendrüse. Ein Ast jener Arterie tritt in den Körper ein und löst sich in einen Knäuel von Gefässen auf, aus dem mehrere kleine Venen das Blut abführen. Um die Gefässe herum liegen die epitheloiden Zellen, sie wie einen

Mantel umhüllend. Sie liegen als rundliche Zellen mit grossem Kern dem Gefässepithel direkt auf. Aus den Untersuchungen von von Schumacher geht hervor, dass sie nichts anderes sind als umgewandelte Muskelzellen der Gefässmedia. Das Körperchen wird umhüllt von einer von der Adventitia der Gefässe stammenden Bindegewebsschicht, welche sich auch als Stroma in das Innere fortsetzt und glatte Muskelzellen enthält.

In der Nähe des Glomus coccygeum findet man häufig Nervenendkörperchen, die vielleicht als „Feuchtigkeitsregulatoren" wirken (von Schumacher).

2. Das Lymphgefässystem.

Die Lymphgefässe.

Der Ursprung, die Wurzeln des Lymphgefässystems, liegen überall im Körper innerhalb der verschiedensten Organe und in der verschiedensten Form. Zum grossen Teil sind es sicherlich einfache Spalten, ein Lückensystem, welches sich z. B. in grosser Ausdehnung innerhalb des Bindegewebes und in den nervösen Zentralorganen findet, und das wir mit vollem Recht als wandungslos bezeichnen können. Andererseits aber existieren z. B. in den Drüsen um die Blutkapillaren herum mit Epithel ausgekleidete Räume, welche die aus den Blutgefässen austretende und das Sekretionsmaterial führende Flüssigkeit passieren muss, um zu den Drüsenzellen zu gelangen. In den Darmzotten bilden die mit Epithel ausgekleideten zentralen Chylusräume die Wurzeln der Chylusgefässe. Auch die grösseren serösen Säcke, wie Pleura-, Perikard- und Peritonealhöhle, ebenfalls mit Epithel ausgekleidet, können wir als Lymphwurzeln ansprechen; sie stehen, wie schon Mascagni erkannte, in offener Verbindung mit den Lymphgefässen.

Aus allen diesen Wurzeln nun entwickeln sich feine Lymphgefässe, Lymphkapillaren, die in grosser Zahl die Organe durchsetzen, sich dabei ganz wie die Blutkapillaren zu ausgedehnten Netzen verbinden und auch ganz den gleichen Bau wie die Blutkapillaren zeigen, nur meist weiter sind als diese und stellenweise Ausbuchtungen aufweisen.

Die Lymphgefässe, die aus dem Zusammenfluss jener Lymphkapillaren entstehen, gleichen in ihrem Bau den Venen

und führen wie jene Klappen, welche dem Lymphstrom nur eine zentripetale Richtung gestatten (Fig. 125). Sie besitzen plattes Epithel und eine bindegewebige Intima mit feinen elastischen Fasern.

Fig. 125.

Stück eines Lymphgefässes aus dem Mesenterium des Kaninchens.

Grenzen der Epithelzellen mit Argentum nitricum sichtbar gemacht. Ca. 235mal vergrössert.

Die Media enthält zirkulär verlaufende glatte Muskelzellen, und die Adventitia besteht aus längsfaserigem Bindegewebe, vermischt mit elastischen Fasern und glatten Längsmuskeln.

Die Lymphdrüsen.

In das Lymphgefässystem sind an vielen Stellen kleine oder grössere Organe eingeschaltet, welchen in erster Linie die Aufgabe erwächst, die körperlichen Elemente der Lymphe zu liefern. Sie zeigen alle das Gemeinsame, dass sie ein aus retikuliertem Gewebe bestehendes Gerüstwerk besitzen, dessen Maschen mit zahllosen Zellen vollgepfropft sind. Diese Zellen vermehren sich durch Mitose und gelangen in den Lymphstrom, der das Organ umspült und durchtränkt.

Je nach der Form, in der die Lymphdrüsen auftreten, können wir sie in Lymphknötchen und eigentliche Lymphdrüsen einteilen.

Die Lymphknötchen, Lymphfollikel, Noduli lymphatici, finden sich in grosser Zahl vor allem in allen Abschnitten des Verdauungskanals, dicht unter dem Epithel gelegen. Im einfachsten Fall stellen sie ein rundliches oder ovales Gebilde dar, das entweder gegen seine Umgebung scharf abgesetzt ist durch eine Kapsel oder diffus in sie übergeht. Die Substanz des Knötchens

bildet retikuliertes Gewebe, dessen Zellen sich einmal in der Peripherie des Knötchens zu mehreren konzentrischen Schichten, zu einer Art Kapsel anordnen und ihre Ausläufer nach innen schicken, dann überall im Innern des Knötchens liegen und durch ihre miteinander anastomosierenden Ausläufer das Retikulum bilden.

Die Maschen des Retikulums werden ausgefüllt von kleinen Zellen, den Lymphkörperchen, deren Kern den grössten Teil des Zellkörpers ausmacht und nur eine schmale protoplasmatische Zone um sich herum zeigt. In der Peripherie des Knötchens besitzen die Zellen dunklere, stark färbbare und kleinere Kerne, im Innern dagegen sind die Kerne grösser, heller, mit einem lichten Chromatinnetz ausgestattet. Hier findet man nun auch immer zahlreiche Zellen in indirekter Teilung begriffen. Schon bei ganz schwacher Vergrösserung hebt sich dieses Keimzentrum als helle Mitte von der dunklen Peripherie des Knötchens ab.

In das Lymphknötchen treten ausser Blutgefässen auch Lymphgefässe ein. Sie durchsetzen die Kapsel und öffnen sich wahrscheinlich in den Kapselhohlraum. Aus der Kapsel führt dann ein zweites Lymphgefäss die abfliessende, nun Lymphkörperchen haltige Lymphe fort. Da, wo keine Kapsel vorhanden ist, wird die Oberfläche des Knötchens von einem dichten Netzwerk von Lymphgefässen umsponnen, und die neugebildeten Lymphkörperchen wandern fortwährend durch die Lymphgefässwände durch und gelangen so in den Lymphstrom. In vielen Fällen sind aber diese Lymphkörperchen gar nicht für die Lymphe bestimmt, sondern sie wandern aus den Knötchen direkt ins Epithel des Verdauungstraktes aus und gelangen, dasselbe durchsetzend, ins Lumen. Hier zerfallen sie. Die Rolle, die ihre Zerfallsprodukte für die Verdauung spielen, ist nicht näher bekannt.

Die Lymphknötchen können entweder einzeln stehen, Solitärfollikel, Noduli lymphatici solitarii, oder sie können sich zu grösseren lymphoiden Platten aneinanderreihen, aggregierte Follikel, Noduli lymphatici aggregati. Solche aggregierte Follikel sind die Peyer'schen Haufen des Darms, die Tonsillen in der Rachenhöhle, die Balgdrüsen in der Zunge.

Die Lymphdrüsen, Lymphknoten, Lymphoglandulae sind grössere oder kleinere, gewöhnlich bohnenförmige Körper und schon wesentlich komplizierter gebaut. Jede Lymphdrüse wird umhüllt von einer Kapsel, welche beim Menschen 40—80 μ dick ist. Früher wurde diese Kapsel als aus fibrillärem Bindegewebe bestehend bezeichnet, die Untersuchungen der letzten Zeit haben

jedoch ergeben, dass sie nur wenig kollagenes Gewebe enthält und zum grössten Teil aus retikuliertem Gewebe besteht. Glatte Muskelzellen kommen in ihr bei vielen Tieren vor, beim Menschen finden sie sich dagegen selten. Von ihr strahlen in wechselnder Menge Septen, die Trabekel, in das Innere des Organs, die sich bald netzförmig miteinander verbinden und ein zentrales Maschenwerk bilden (Fig. 126). Wir können so an jeder Lymphdrüse einen gekammerten, gefächerten Rindenteil und einen netzförmigen

Fettgewebe
Lymphsinus
Rindensubstanz
Kapsel
Markstränge
Follikel
Hilus mit eintretenden Gefässen
Marksubstanz
Trabekel

Fig. 126.

Schnitt durch eine kleine Lymphdrüse des Hundes.

Ca. 20mal vergrössert.

Markteil unterscheiden, welche beide ineinander übergehen. Diese Räume sind nun ausgefüllt mit dem Parenchym, einer zelligen Masse, die entsprechend der oben beschriebenen Anordnung der bindegewebigen Septen in der Rinde birnförmige Massen bilden muss, welche sich nach dem Mark zu verjüngen und in ein System dicker Balken übergehen, die, netzartig miteinander verbunden, die Marksubstanz der Lymphdrüse bilden. Es ist also das Parenchym der Lymphdrüse in der Rindensubstanz in Form rundlicher oder birnförmiger Ballen, Follikel, Rindenknötchen, in der Marksubstanz in Form eines Netzwerkes dicker Balken, Markstränge, angeordnet (Fig. 126).

Das Parenchym füllt aber den ihm zugewiesenen Raum innerhalb der Trabekel nicht vollkommen aus, sondern ist von den letzteren durch engere oder weitere Spalträume getrennt. So wird vor allem die Oberfläche der Rindenknötchen durch weitere Räume von der Innenfläche der Kapsel getrennt; etwas enger, aber immer

Fig. 127.

Aus der Rindensubstanz einer Lymphdrüse des Hundes.

Ca. 150mal vergrössert.

noch deutlich erkennbar sind die Spalten, welche die Seitenflächen der Rindenknötchen und die Markstränge von dem Trabekularsystem der Rinde und des Markes trennen. Es entsteht so ein Hohlraumsystem, welches die gesamte Oberfläche des Parenchyms umgibt und die ganze Drüse durchzieht. Wir bezeichnen es als die *Lymphsinus*, und man kann, da diese Räume mit Flüssigkeit, nämlich mit Lymphe gefüllt sind, auch sagen, dass das

gesamte Lymphdrüsenparenchym in den Lymphsinus gleichsam schwimmt (Fig. 127, 128).

Aber es handelt sich dabei nicht um ein freies Schwimmen, sondern das Parenchym ist mittelst zahlloser feiner, die Sinus durchdringender Fäden an der Kapsel- resp. an der Trabekularwand fixiert. Es bestehen die Trabekel ja nicht, wie man früher annahm, aus fibrillärem Bindegewebe, sondern ebenfalls aus reti-

Trabekel mit Blutgefäss
Marksträng
Lymphsinus

Fig. 128.

Aus der Marksubstanz einer Lymphdrüse der Katze.

Ca. 250mal vergrössert.

kuliertem, in Längszügen angeordnetem Gewebe. An der Innenfläche der Trabekel liegen die Zellen dicht zusammen und schicken nun ihre Ausläufer durch die Lymphsinus hindurch in das Parenchym hinein, wo sie wieder mit den Zellen des dort befindlichen Retikulums anastomosieren (Fig. 128). Wir haben demgemäss also sowohl in dem Parenchym als auch in den Sinus ein Retikulum, nur enthält dasselbe in dem ersteren Lymphzellen, in den letzteren nicht, so dass die Sinus für die Lymphe passierbar bleiben.

Über den Bau des Parenchyms ist weiter nichts zu sagen. Die Rindenknötchen gleichen in ihrem Bau ganz den Solitärfollikeln, und die Markstränge sind Stränge retikulierten Gewebes, mit Lymphzellen vollgepfropft. Die Lymphsinus sollten nach den früheren, besonders durch Ranvier vertretenen Anschauungen von Epithelzellen ausgekleidet sein. Diese Epithelzellen sind aber sicher nichts anderes als Retikulumzellen, die in ihrem Protoplasmakörper, wie wir früher gesehen haben, ja Fasern entwickeln können und das in dem Retikulum der Lymphdrüsen auch in reichem Masse tun (Thomé). Wir erhalten so ein Fasernetzwerk, das vollkommen von Protoplasma umhüllt ist. An der Innenfläche der Kapsel und an den Trabekeln können sich diese Retikulumzellen so eng aneinander lagern, dass sie den Eindruck eines Epithels machen.

In jede Lymphdrüse münden ein oder mehrere Lymphgefässe, die wir als Vasa afferentia bezeichnen. Sie treten meist an der konvexen Seite an die Drüse, diese in Bohnenform gedacht, heran, durchdringen die Kapsel und öffnen sich in die dicht unter der letzteren gelegenen Sinus. Aus der Drüse heraus tritt an der konkaven Fläche, im sog. Hilus das abführende Lymphgefäss, Vas efferens, meist in der Einzahl vorhanden. Es entwickelt sich durch Zusammentreten der Sinus der Marksubstanz. Es fliesst also die Lymphe, von der Rinde der Drüse her, aus den Rindensinus in die Marksinus und verlässt die Drüse durch das Vas efferens. Der Lymphstrom reisst dabei fortwährend Lymphkörperchen los und schwemmt sie mit sich aus der Drüse. Es ist so die Lymphe des Vas efferens beträchtlich reicher an Lymphozyten als die der Vasa afferentia. Der Lymphstrom findet aber auch innerhalb des engen Retikulums der Lymphsinus einen beträchtlichen Stromwiderstand, der zu einer Stromverlangsamung führt, und darin liegt auch ein wichtiges pathologisch-physiologisches Moment. Es finden so dem Körper fremde oder schädliche Stoffe, welche ja ausserordentlich leicht in die Lymphbahnen z. B. des subkutanen Bindegewebes oder der Lungen gelangen können, Zeit, sich hier festzusetzen. Sie können eine Entzündung und damit eine Schwellung der Drüse verursachen, wodurch der Lymphabfluss aus der infizierten Gegend in die Blutbahn verhindert wird.

Die Arterien dringen in die Lymphdrüse am Hilus ein, sie verlaufen in ihren gröberen Stämmchen in den Trabekeln und schicken feine Zweige in das Parenchym, welche hier in Kapillaren zerfallen. Das Verhalten der Venen ist das gleiche.

Die Nerven der Lymphdrüsen scheinen ausschliesslich für die Gefässe bestimmt zu sein. Über ihr Verhalten ist wenig bekannt.

Die Thymus.

Die Thymus ist ein Organ, das im entwickelten Zustand den Lymphdrüsen ziemlich nahe steht, sich aber entwickelungsgeschichtlich streng von ihnen unterscheidet; während die Lymphdrüsen aus plexusartig verflochtenen Lymphgefässen entstehen, also sicherlich mesenchymaler Abkunft sind, ist die Thymus ein Abkömmling des inneren Keimblattes (Koelliker); sie entwickelt sich aus dem Epithel der Schlundspalten und wäre vom entwickelungsgeschichtlichen Standpunkt aus mit Schilddrüse, Karotidendrüse und Epithelkörperchen zusammenzustellen.

Blutgefäss
Bindegewebe
Hassal'sche Körperchen
Kapsel

Fig. 129.

Durchschnitt einiger sekundären Läppchen der Thymus eines sechsmonatlichen Kindes.

Ca. 50mal vergrössert.

Die Thymus ist ein Organ, dessen Hauptentwickelung in die beiden ersten Lebensjahre fällt und das sich dann bis auf ganz spärliche Reste zurückbildet. Sie setzt sich aus makroskopisch zahlreichen, bis zu 10 mm im Durchmesser haltenden Läppchen zusammen (Fig. 129), die wieder durch lockeres Bindegewebe zu den beiden das Organ bildenden Hauptlappen vereinigt werden. Jedes solche Läppchen besteht mikroskopisch wieder aus mehreren kleineren (ca. 1 mm grossen) ebenfalls durch Bindegewebe getrennten Läppchen. An jedem Läppchen können wir eine dunkle Rinde und eine helle Mitte (Mark) unterscheiden.

Die Stützsubstanz eines jeden Läppchens wird von einem Retikulum gebildet, das aus sternförmigen, miteinander anastomosierenden Zellen besteht. Sie sind im Mark grösser, protoplasmareicher als in der Rinde.

In der Rindensubstanz sind die Maschen dieses Retikulums vollgepfropft mit Lymphozyten, die besonders in den äusseren Schichten im funktionierenden Organ zahlreiche Mitosen aufweisen. Es findet hier eine fortwährende lebhafte Zellwucherung statt. Ob diese Lymphozyten von aussen her eingewanderte mesodermale Elemente darstellen (Schaffer) oder an Ort und Stelle entstanden sind (Koelliker, Stöhr), ist eine offene Frage.

Fig. 130.

Zwei Hassal'sche Körperchen aus einem Schnitte durch die Thymus eines sechs Monate alten Kindes.

Ca. 470mal vergrössert.

In der Marksubstanz finden sich neben spärlichen Lymphozyten eigenartige Gebilde, die unter dem Namen der Hassallschen Körperchen bekannt sind (Fig. 130). Es sind das aus schichtenförmig angeordneten Zellen bestehende Körper, deren zentrale Zellen sich in mehr oder weniger weit fortgeschrittener Degeneration befinden. Die letztere kann zur Bildung einer zentralen Höhle führen. Nach Hammar entstehen diese Hassallschen Körperchen durch eine Hypertrophie der Retikulumzellen des Markes, von anderen werden sie für Epithelüberreste gehalten (Stieda, His, Maurer). Nach Afanassiew sollen die Hassallschen Körperchen aus dem Gefässepithel hervorgehen. Dasselbe bewirkt nämlich, indem es wuchert, die Verstopfung des Gefässlumens, was die Involution des Organs zur Folge hat.

Häufig finden sich innerhalb der Thymusläppchen kleine Höhlen, Zysten, ausgekleidet mit kubischem oder zylindrischem Flimmerepithel. Im Lumen der Zyste liegt ein kleiner Sekretklumpen. Auch sie sollen nach Hammar aus Retikulumzellen entstehen, die ihren ursprünglichen Epithelzellencharakter wieder angenommen haben.

Bei der Involution, die im späteren Kindesalter oder zur Pubertät einsetzt, nehmen beide Substanzen der Läppchen allmählich gleichmässig ab, die Lymphozyten schwinden immer mehr und mehr, und es bleiben nur noch strangförmig angeordnete Epithelzellen übrig, die zum Teil der Degeneration anheimfallen.

Die Arterien, mit denen die Thymus reich versorgt wird, dringen in das Innere der primären Läppchen ein und zerfallen an der Grenze der Rindensubstanz in ein feines, die letztere durchdringendes Kapillarnetz, aus dem sich ein doppeltes Venensystem entwickelt: es finden nämlich die Kapillaren ihren Abfluss teilweise durch die Bindegewebskapsel in die interlobulären Venen, zum Teil dagegen vereinigen sie sich zu Venen im Inneren des Markes. Auch mit Lymphgefässen ist die Thymus reich versorgt Die Nerven bilden um die Gefässe feine Geflechte und dringen mit ihnen bis in die Marksubstanz vor.

3. Die Blutgefässdrüsen.

Mit dem Namen Blutgefässdrüsen fassen wir eine Anzahl Organe zusammen von verschiedener Funktion und ganz differenter Abstammung. Ihr Zusammenschluss unter der obigen Bezeichnung wird einzig und allein gerechtfertigt durch die Tatsache, dass allen diesen Drüsen im ausgebildeten Zustand ein besonderer Ausführungsgang fehlt und sie sich an seiner Stelle des Blutstroms bedienen zur Abführung ihres Sekrets. Wir bezeichnen sie auch als Drüsen mit innerer Sekretion. Zu ihnen rechnen wir

1. die Schilddrüse,
2. die Epithelkörperchen,
3. die Nebenniere,
4. die Hypophyse.

1. Die Schilddrüse.

Die Schilddrüse, Glandula thyreoidea, stammt vom Epithel der Schlundhöhle ab und wird als kleines Bläschen von der ven-

tralen Schlundwand abgeschnürt und zwar stellt das Foramen coecum der Zunge diese Abschnürungsstelle dar. Das Lumen des von Zylinderzellen ausgekleideten Bläschens geht durch Wucherung der letzteren verloren und bildet durch fortgesetztes Wachstum bald eine grosse Zellmasse, welche durch einwachsendes Bindegewebe in netzförmig anastomosierende Zellbalken zerlegt wird. Diese Balken schnüren sich ab und zerfallen dann in kürzere oder längere Abschnitte; in jedem entsteht ein Lumen, um welches sich die Zellen in Form eines einschichtigen kubischen Epithels anordnen. Die ursprüngliche Anlage, nun in Form eines längeren Balkens ausgezogen, höhlt sich ebenfalls aus und stellt einen kürzeren oder längeren vom Foramen coecum ausgehenden und blind endigenden Kanal dar, den Ductus thyreoglossus, der im Laufe des Embryonallebens bis auf seine Mündungsstelle verloren geht.

Die Schilddrüse des Erwachsenen stellt ein exquisit lappiges Organ dar. Sie wird umhüllt von einer derben bindegewebigen Kapsel, welche Septen in das Innere schickt, die bei fortgesetzter Teilung die Drüse in immer kleinere Läppchen spalten. Von der bindegewebigen Umhüllung der kleinsten Läppchen strahlen feine Bindegewebsbündel aus, welche die das Läppchen bildenden Follikel umhüllen.

Ein jeder Schilddrüsenfollikel stellt ein geschlossenes, von kubischen oder zylindrischen Epithelzellen ausgekleidetes Bläschen dar, von kugeliger oder ovoider Form, oft auch einen stark in die Länge gezogenen, blind geschlossenen und mit Aussackungen versehenen Schlauch (Streiff). Jeder Follikel ist umschlossen von einer sehr dünnen, homogenen, strukturlosen Membrana propria, der nach innen die Epithelzellen aufsitzen (Fig. 131). Es sind diese Zellen in einfacher Lage nebeneinander gereiht und in den verschiedenen Follikeln von sehr verschiedener Höhe. Unter ihnen kann man nach Langendorff zwei verschiedene Arten unterscheiden. Die Hauptzellen besitzen ein körniges, schwach färbbares Protoplasma, der Kern ist rund und liegt im basalen Teil der Zelle. Die Kolloidzellen unterscheiden sich von den Hauptzellen vor allem durch die stärkere Färbbarkeit ihres Protoplasmas, die daher rührt, dass die Zellen in ihrem Körper eine stark färbbare Substanz bilden, das Kolloid. Sie bilden sich durch Umwandlung der Hauptzellen. Die Kolloidzellen können nun unter Erhaltung ihrer Form das Kolloid ins Lumen des Follikels ausstossen oder aber sie können mit allen ihren Teilen ins Sekret übergehen, sie werden eingeschmolzen (Hürthle).

Das Sekret der Schilddrüse, das Kolloid, füllt das Lumen des Follikels in Form einer homogenen oder körnigen Substanz vollkommen aus, erscheint aber im histologischen Präparat durch Schrumpfung meist von den Epithelzellen retrahiert (Fig. 131). Es zeigt eine grosse Verwandtschaft zu saueren Teerfarbstoffen und zeichnet sich chemisch durch seinen Gehalt an Jod aus (Baumann), das sich in Form eines Globulins als Jodthyreoglobulin findet. Ausserdem enthält das Kolloid Nukleinsubstanzen, die nach neueren Untersuchungen arsenhaltig sein sollen.

Fig. 131.

Stück eines Schnittes durch die Schilddrüse des Menschen.

Ca. 180mal vergrössert.

Die Art der Sekretausstossung erfolgt nach Hürthle in zweifacher Weise. Er hat, nachdem schon früher Biondi das Vorkommen von Kolloid in den Lymphgefässen der Thyreoidea nachgewiesen hatte, gezeigt, dass das Sekret in die Lymphräume durch feine Spalten abfliesst, welche zwischen den Follikelzellen sich zeitweise ausbilden. Daneben aber gibt es noch einen zweiten Modus des Sekretabflusses, der darin besteht, dass an einer Stelle die Epithelzellen, durch den Druck des immer stärker wachsenden Follikelinhalts immer niedriger werden und es schliesslich zur Ruptur kommt mit Austreten des Inhalts in die Lymphräume (Biondi).

Das Kolloid stellt einen Körper dar, der aus den Lymphgefässen in die Blutbahn gelangt. Reverdin und Schiff haben zuerst gezeigt, dass dieser Substanz eine grosse Bedeutung für den menschlichen und tierischen Organismus zukommt, denn die vollkommene Ausschaltung der Schilddrüse führt zu schweren Störungen in den verschiedensten Organsystemen, zu einem Zustand, der als Kachexia strumipriva bekannt, in kurzer Zeit zum Tod führt. Nach Pishi soll das in der Schilddrüse gebildete Jodthyreoglobulin sich mit dem aus der Nahrung stammenden und für den Organismus giftigen Nukleoproteid zu einem Körper verbinden, dem Thyreotoxin, der innerhalb der Blutbahn unschädliche Spaltungsprodukte liefert.

Die Schilddrüse ist mit Blutgefässen ausserordentlich reichlich versorgt. Ein dichtes Kapillarnetz umspinnt die einzelnen Follikel. Auch die Lymphgefässe bilden dichte Netze um sie, sie lagern sich dabei den Epithelzellen dicht an, so dass sie geradezu in den basalen Teil der letzteren eingegraben erscheinen. Hürthle konnte von den Lymphgefässen aus Injektionsmasse zwischen den Follikelepithelzellen hindurch in das Follikellumen treiben.

Die in die Drüsen eintretenden Nerven sind zum grössten Teil sympathischer Natur und für die Gefässe bestimmt, daneben erhält die Drüse auch noch Zweige vom Nerv. vagus und zwar vom Nerv. laryngeus superior und Nerv. recurrens. Sie bilden dichte Geflechte in der Drüse und umgeben jeden Follikel mit einem Nervenplexus; die aus ihm austretenden Fasern endigen mit kleinen Knöpfchen an den Follikelzellen (Sacerdotti, Andersson).

2. Die Epithelkörperchen.

Als Epithelkörperchen, Nebenschilddrüsen, Glandulae thyreoideae accessoriae bezeichnet man von Sandström entdeckte kleine Körperchen, welche in wechselnder Zahl, beim Menschen gewöhnlich zwei, der Schilddrüse an- oder eingegelagert sind und branchiogenen Ursprungs sind. Sie werden vom Epithel der 3. und 4. Schlundtasche abgeschnürt.

Jedes Körperchen ist von einer Kapsel umgeben, von der aus zahlreiche Septen in das Innere eindringen, sich netzförmig miteinander verbinden. In den Netzmaschen liegt das Parenchym in Form von Zellsträngen. In manchen Fällen kann das Bindegewebe an Ausdehnung sehr zurücktreten, so dass das Körperchen

einfach einen von einer bindegewebigen Kapsel umschlossenen Zellhaufen darstellt.

Diesen Typus repräsentieren die Epithelkörperchen immer während des Embryonallebens und können denselben auch zeitlebens beibehalten. Unter gewissen Umständen wandeln sie sich aber in echtes Schilddrüsengewebe um (Schreiber).

3. Die Nebenniere.

Die Nebenniere, Glandula suprarenalis, der Säugetiere ist ein eigenartig zusammengesetztes Organ, das sich am besten an die Epithelkörperchen anreihen lässt. Sie besteht aus zwei ihrem Bau und ihrer Abstammung nach ganz getrennten Teilen, von denen der eine, die Rindenschicht des Organs bildende, epithelialer Natur ist und vom Zwischennierensystem abstammt,

Z. gl. Z. fasc. Z. ret. Mark Vene

Fig. 132.

Stück eines Querschnittes durch die Nebenniere des Hundes.

Z. gl. Der Zona glomerulosa entsprechende Partie. Ca. 22mal vergrössert.

der andere, die Markschicht bildende, nervöser Natur ist und vom sympathischen Nervensystem stammt. Nur bei den Säugern kommt es zu einer solchen regelmässigen Anlagerung oder Einlagerung der letzteren in die erstere, dass eine epitheliale Rinde und ein nervöses Mark entsteht. Bei niederen Wirbeltieren ist die Durchwachsung entweder eine ganz unregelmässige oder aber es kommt überhaupt nicht zur Verbindung von beiden, so

dass die Nebenniere dann ein rein epitheliales Organ repräsentiert (Interrenalorgan der Rochen, Stannius'sche Körperchen der Teleostier).

Schon makroskopisch kann man in der Nebenniere des Menschen und der Säuger die dunkle Marksubstanz von der hellen Rindensubstanz ohne weiteres unterscheiden (Fig. 132). Wir wollen beide getrennt besprechen, zunächst aber uns zur Nebennierenkapsel wenden.

Fig. 133.
Aus der Rindensubstanz der Nebenniere des Hundes.
Ca. 245 mal vergrössert.

Die Nebenniere ist umgeben von einer starken bindegewebigen Kapsel, die in ihren äusseren, aufgelockerten Schichten beim Erwachsenen zahlreiche Fettzellen enthält. Von ihrer Innenfläche strahlen zahlreiche konvergierende Septen aus, die radiär in die Rindensubstanz eindringen und sich zunächst zu röhrenförmigen 40—50 μ weiten Hüllen, dann zu einem Wabenwerk vereinigen (Fig. 133). An der Grenze zwischen Mark- und Rindensubstanz angekommen, lösen sie sich in feine, in die Marksubstanz einstrahlende Fäserchen auf.

Innerhalb der Rindensubstanz setzt sich das Parenchym aus Zellen zusammen, welche in charakteristischer Weise innerhalb jener Bindegewebsröhren und -waben zu Strängen angeordnet

sind und zwar bilden die Stränge dicht unter der Kapsel zunächst Schlingen, dann verlaufen sie direkt radiär nach innen und schliesslich verbinden sie sich zu einem Netzwerk. Wir können dementsprechend an der Nebennierenrinde drei verschiedene Zonae unterscheiden: Zunächst unter der Kapsel liegt die relativ schmale Zona glomerulosa, auf sie folgt nach innen die breite Zona fasciculata, die in die schmale Zona reticularis übergeht.

Die Zona glomerulosa setzt sich aus den Anfangsstücken der Epithelbalken zusammen. Dieselben können einfache Bogen darstellen oder Schlingen (Fig. 133) oder Knäuel oder Zellballen, die selbst in mehreren Lagen übereinander geschichtet sind. Sie bestehen aus ziemlich grossen, häufig regelmässig zylindrischen Zellen, eine dicht neben der anderen gelegen, mit grossem, wenig färbbarem Kern.

In der Zona fasciculata laufen die Epithelbalken gerade, radiär, einer dicht neben dem anderen, von ihm durch Bindegewebe und Gefässe getrennt. Jeder Balken setzt sich aus länglich polygonalen Zellen zusammen, in drei bis vier Schichten nebeneinander geordnet (Fig. 133). Charakteristisch für diese Zellen ist ein spongiöses, netzmaschiges Protoplasma, das in seinen Maschen Körnchen oder Tröpfchen eines Körpers ablagert, der fettähnlich ist und vielleicht aus Lezithin besteht (Mulon).

In der Zona reticularis verbinden sich die Epithelbalken zu einem Netzwerk, in dessen Maschen Blutkapillaren gelegen sind (Fig. 134). Die Epithelzellen unterscheiden sich von den vorigen durch dichteres Protoplasma und feinere Körnchen. Ihr Protoplasma besitzt beim Meerschweinchen (Guieysse) zum Teil eine grosse Affinität zu gewissen Farbstoffen (Corps sidérophiles). Nach Da Costa zeigen auch andere Tiere während der Schwangerschaft dieses Verhalten, es soll sich dabei um eine Vorstufe des Sekrets handeln. Ausserdem enthalten diese Zellen ein Pigment, dessen Menge im Laufe des Lebens beträchtlich zunimmt (Mulon).

Die Marksubstanz der Nebenniere ist im frischen Zustand braun und ausserordentlich weich. Sie besteht aus Zellen, die ebenfalls zu netzförmig miteinander verbundenen Strängen angeordnet sind. In den Maschen des Netzes finden sich ausserordentlich zahlreiche und weite Blutgefässe (Fig. 134). Die Markzellen sind unregelmässige, 20—30 μ grosse Zellen mit weitmaschigem Protoplasmanetzwerk. In den Protoplasmamaschen liegen Einschlüsse, welche folgendes charakteristische Verhalten zeigen; sie besitzen

eine starke Affinität zu basischen Farbstoffen, färben sich mit Ferrisalzen grün (Vulpian) und nehmen in Chromsalzlösungen einen intensiv rotbraunen Farbenton an (Henle). Wegen dieser letzteren Eigenschaft hat man sie als chromaffine (Kohn) oder phäo-

Zona reticularis

Marksubstanz

Fig. 134.

Aus der Marksubstanz der Nebenniere des Hundes.

Ca. 385mal vergrössert.

chrome (Poll) Zellen bezeichnet. Nach Mulon stellen diese Einschlüsse das unter dem Namen Adrenalin bekannte spezifische Sekret der Nebenniere dar. Ausser diesen phäochromen Zellen enthält die Marksubstanz noch zahlreiche Nervenzellen und Gefässe.

Der Verlauf der Blutgefässe in der Nebenniere ist ein solcher, dass dem Blut ein zweifacher Weg offen steht. Die aus verschiedenen Quellen (Aorta, Art. phrenica inferior, Art. renalis) stammenden Arterien lösen sich entweder schon innerhalb der Zona glomerulosa in präkapillare Arterien oder Kapillaren auf, welche die Zellbalken der Rinde umspinnen, innerhalb der Marksubstanz in sehr weite venöse Sinus übergehen und sich dann zur Vena centralis sammeln. Oder die Arterien durchsetzen die ganze Rinde und lösen sich erst innerhalb der Marksubstanz in Kapillaren auf, die in die Sinus münden. Ausserdem findet sich noch ein oberflächliches Kapillarnetz innerhalb der Kapsel, welches das Blut direkt in kleinere Kapselvenen leitet. Besonders weit sind die Sinus der Marksubstanz, sie bedingen eine starke Verlangsamung des Blutstroms. Alle Gefässe der Nebenniere zeichnen sich durch die ausserordentliche Feinheit ihrer Wand und den engen Kontakt mit den Epithelzellen aus (Srdínko).

Die Lymphgefässe bilden zahlreiche Kapillarnetze, welche innerhalb des bindegewebigen Gerüstes verlaufen. Sie stehen in naher Beziehung sowohl zu den Zellen der Rinden- als auch der Marksubstanz, sie umflechten sogar oft die Drüsenzellen (Stilling).

Die Nerven der Nebennieren stammen aus dem Ganglion coeliacum und den Plexus phrenicus und renalis. Sie dringen in grosser Zahl in das Organ ein und bilden einmal einen die Balken der Rindensubstanz umspinnenden Plexus und einen zweiten Plexus innerhalb der Marksubstanz. Innerhalb der letzteren finden sich ausserdem zahlreiche Ganglienzellen vom sympathischen Typus. Die aus dem Markplexus entspringenden Fasern bilden um jede phäochrome Zelle korbartige Geflechte und endigen mit plattenförmigen Verbreiterungen, welche dem Zellprotoplasma direkt aufgelagert sind.

Die Nebennieren sind lebenswichtige Organe, ihre völlige Exstirpation führt immer unter grosser Muskelschwäche und starkem Sinken des Blutdruckes rasch den Tod herbei (Brown-Séquard). Die Blutdruckerniedrigung nach der Exstirpation ist die Folge des Ausfalls einer von der Nebenniere gebildeten Substanz (Adrenalin, Suprarenin), welche gefässverengernd wirkt und den Gefässtonus erhält (Oliver und Schäfer, Cybulski und Szymonowicz). Die wirksame Substanz ist auch, wie experimentell bewiesen wurde, im Blut der Nebennierenvene enthalten (Cybulski).

4. Die Hypophyse.

Die Hypophyse, Hirnanhang, Hypophysis cerebri besteht aus zwei, sowohl ihrem Bau als ihrer Entwickelung nach verschiedenen Teilen. Der eine ventrale Abschnitt stellt eine vor dem vorderen Ende der Chorda dorsalis aus dem Epithel der Mundbucht sich bildende Einstülpung, die sog. Rathke'sche Tasche dar, ist also ein Produkt der Epidermis. Mit ihm tritt eine Ausstülpung des Zwischenhirns, der Trichter, in Verbindung, sein ventrales blindes Ende wandelt sich zum dorsalen Abschnitt des

Fig. 135.

Aus einem Schnitt der Hypophysis cerebri des Hundes.

Ca. 300 mal vergrössert.

fertigen Organs um. Der ventrale Abschnitt ist drüsiger Natur und behält auch seinen Charakter während des Lebens, der dorsale Abschnitt dagegen verliert, wenigstens bei den höheren Tieren, seinen nervösen Charakter vollständig.

Es besteht so die Hypophyse des Erwachsenen aus zwei getrennten Lappen, dem vorderen drüsigen Lappen, dem ventralen Abschnitt entsprechend, und dem hinteren Hirnlappen, dem dorsalen Abschnitt entsprechend.

Der vordere Lappen setzt sich zusammen aus netzförmig miteinander verbundenen soliden Zellbalken, die durch Blutkapillaren und geringe Bindegewebsmassen getrennt werden (Fig. 135). Die die Balken konstituierenden Zellen zeigen sehr verschiedene Bilder. An der Peripherie der Balken liegen rundliche oder polygonale

Zellen, deren Protoplasma eine grosse Affinität für saure Teerfarbstoffe aufweist, es ist homogen oder fein granuliert, der Kern klein, oval. Dazwischen finden sich Zellen von ausserordentlich variabler Form, spindelig, halbmondförmig oder auch polygonal mit grossem kugeligem Kern und stark granuliertem Leib. Die Granula färben sich vor allem mit Säurefuchsin (fuchsinophile Körnchen), ihre Zahl differiert, in manchen Zellen finden sie sich nur einzeln, andere sind geradezu vollgepfropft mit ihnen. Ausserdem trifft man noch kleine Zellen, häufig zu Gruppen zusammengeschlossen mit blasigem Kern und schwer färbbarem Protoplasma. Zwischen allen diesen Zellarten lassen sich Übergangsformen erkennen, so dass sie wohl verschiedene Funktionsstadien derselben Zelle darstellen (Joris).

Auffallend ist die enge Beziehung der Blutkapillaren zu den Zellbalken, die oft geradezu in dem Blute „baden" (Lannois). Ohne Zweifel besorgen die Kapillaren die Weiterbeförderung des in den Zellbalken bereiteten Sekretes. Eine nähere Kenntnis der Funktion der Hypophyse fehlt allerdings zurzeit noch. Die Resultate, welche man durch Exstirpation des Organs erzielt hat, sind bei den unvermeidlichen Nebenverletzungen nicht einwandsfrei. Man hat durch Einspritzung von Hypophysenextrakt Wirkungen auf die Herz- und Gefässnerven und die Harnausscheidung erhalten.

Nicht selten trifft man im vorderen Lappen auch den Schilddrüsenfollikeln ähnliche Bildungen, sie stellen aber nach Joris nicht normale Vorkommnisse dar, sondern sind Zeichen von Degeneration oder Involution.

Der hintere Lappen der Hypophyse besteht, wie neuere Untersuchungen sichergestellt haben, ausschliesslich aus einem bindegewebigen Stroma, in welchem Neurogliazellen und Blutgefässe liegen. Die Bindegewebsfasern können sehr stark vertreten und zu Bündeln angeordnet sein oder sie finden sich nur sehr sparsam. Zwischen ihnen liegen spindelige Fibroblasten und sternförmige Gliazellen. Nervenzellen kommen im hinteren Lappen nicht vor, dagegen wird er durchsetzt von Nervenfasern (Krause, Koelliker, Cajal), die aber nicht in ihm ihren Ursprung nehmen, sondern ihn nur durchsetzen, um zum vorderen Lappen zu gelangen (Joris).

II. Das Verdauungssystem.

Das Verdauungssystem dient zur Aufnahme, Verarbeitung und Resorption der Nahrungsmittel und stellt ein im wesentlichen schlauchförmig gestaltetes Organsystem dar, das den Körper der Länge nach durchzieht. Es beginnt mit der geräumigen Mundhöhle, welche ausgestattet ist mit besonderen, der Zerkleinerung und dem Transport der Nahrungsmittel dienenden Einrichtungen (Zähne, Zunge) und entsteht durch Vergrösserung der ektodermalen Mundbucht. Den zweiten Abschnitt des Verdauungssystems stellt die Speiseröhre dar, welche die zerkleinerten Nahrungsmittel zum Magen hinführt und sich aus dem entodermalen Kopfdarm entwickelt. Zwischen Mundhöhle und Speiseröhre liegt ein dem Verdauungs- und Atmungssystem gemeinsamer Abschnitt der Kopfdarmhöhle, die Schlund- oder Rachenhöhle. Die Speiseröhre führt in den Magen, einen erweiterten Abschnitt des primitiven Darmrohres, der die Nahrungsmittel in einen breiartigen Zustand überführt und einen grossen Teil des Eiweisses und der leimgebenden Substanzen der Nahrung zur Lösung bringt. In dem nun folgenden engen und in vielen Windungen gelegenen Dünndarm spielen sich die wesentlichsten Teile des ganzen Verdauungsprozesses ab. Hier werden Eiweisskörper und Kohlehydrate gelöst und Fette gespalten und die Produkte dieser Prozesse resorbiert. An den Dünndarm schliesst sich der wesentlich kürzere, aber weitere Dickdarm, der der Hauptsache nach der Resorption dient. Alles, was nicht verdaut und resorbiert wird, die Fäzes, sammelt sich schliesslich in dem ebenfalls recht weiten Mastdarm und wird durch den After nach aussen entleert.

Das ganze Verdauungsrohr ist ausgekleidet mit einer Schleimhaut, Tunica mucosa, d. h. einem in den verschiedenen Abschnitten verschieden gebauten Epithel, das auf einer Membran, der Lamina propria, aufsitzt. Die Schleimhaut dient teils der Resorption, teils besorgt sie die Absonderung der Verdauungssäfte. Um die resorbierende Oberfläche zu vergrössern, legt sich die Schleimhaut vielfach in Falten oder bildet Erhebungen, Auswüchse in Form der Papillen und Zotten. Zur Vergrösserung der sezernierenden Oberfläche stülpt sich, wie wir im allgemeinen Teil gesehen haben, die Schleimhaut in Form von Drüsen ein, mit denen alle Abschnitte des Verdauungssystems in ausgiebigster Weise besetzt sind. Einzelne von diesen Drüsen entwickeln sich

dabei zu recht voluminösen Organen, wie die Speicheldrüsen, die Leber und das Pankreas.

Um die nötige Fortbeförderung der Speisen und des Speisebreies (Chymus) innerhalb des Verdauungskanals zu ermöglichen, ist die Wand des letzteren mit einer kräftigen Muskulatur ausgestattet, die als zusammenhängende Muskelhaut, Tunica muscularis, um die Schleimhaut sich aussen herumlagert. Schleimhaut und Muskelhaut werden verbunden durch eine bindegewebige Tela submucosa, die sich in manchen Abschnitten des Verdauungsrohrs wieder ihrerseits gegen die Schleimhaut durch eine dünne Lage glatter Muskeln absetzt, die Lamina muscularis mucosae. Die Muskelhaut baut sich im Verdauungssystem fast ausschliesslich aus glatten Muskelzellen auf. Nur am oberen und unteren Ende findet sich quergestreifte Muskulatur.

Schliesslich wird der grösste Teil des Verdauungssystems, soweit er innerhalb der Bauchhöhle gelegen ist, überzogen von dem Bauchfell, der Tunica serosa.

Wir wollen nun die einzelnen Teile des Verdauungskanals mit Einschluss der in ihn einmündenden Drüsen in folgender Reihenfolge besprechen:

1. Mundhöhle,
2. Schlundhöhle,
3. Speiseröhre,
4. Magen,
5. Darm.

1. Die Mundhöhle.

In die Bildung der Mundhöhle geht einmal die ganze, eine grubige Vertiefung des Ektoderms darstellende Mundbucht ein, die sich allmählich durch stärkeres Wachstum der sie begrenzenden Wülste (Stirnfortsatz, Oberkieferfortsatz und Unterkieferfortsatz) vertieft und nach hinten gegen den entodermalen Kopfdarm durch die Rachenhaut abgeschlossen wird. Nach dem schon frühzeitig erfolgenden Durchreissen der letzteren wird jedoch noch ein grosser Teil der Kopfdarmhöhle mit in die Bildung der Mundhöhle einbezogen.

Das ektodermale Epithel bildet an der Innenfläche der Kieferbogen eine verdickte Leiste, die in Form von Papillen in die Tiefe wächst. Aus diesen Papillen entwickeln sich dann, wie wir später sehen werden, die Zähne.

Aus dem Boden der Mundhöhle wachsen schon sehr frühzeitig drei Erhebungen hervor, eine vordere unpaare und zwei hintere paarige, durch deren Verschmelzung die Zunge entsteht. Aus Einstülpungen der Mundhöhlenschleimhaut entwickeln sich dann die Speicheldrüsen und die Gaumenmandeln.

Wir hätten demnach als Bestandteile der Mundhöhle folgende Teile nun im einzelnen zu betrachten:

a) die Schleimhaut der Mundhöhle,
b) die Zähne,
c) die Zunge,
d) die Speicheldrüsen,
e) die Gaumenmandeln.

a) Die Schleimhaut der Mundhöhle.

Die gesamte Mundhöhle wird ausgekleidet von einer Schleimhaut, welche in der Mundspalte kontinuierlich in die Haut der Lippen übergeht, nach innen zu sich auf die Innenfläche der Lippen und der Backe überschlägt, das Vestibulum oris auskleidet und dann als Zahnfleisch, Gingiva, den Überzug der Alveolarfortsätze der Kiefer bildet. Von hier aus bekleidet sie weiter Mundhöhlendach und -boden und schlägt sich von letzterem auf die Zunge als Zungenschleimhaut über. Nach hinten zu überzieht sie die Vorderfläche des weichen Gaumens und geht in dem Isthmus faucium in die Schleimhaut der Schlundhöhle über. Sie wird durchbohrt von den Ausführungsgängen der grossen Speicheldrüsen und besitzt selbst in ihrer Submucosa zahlreiche Drüsen.

Das Epithel der Mundhöhlenschleimhaut ist ein geschichtetes Plattenepithel, das am roten Lippenrand in die Epidermis übergeht. Während bei der letzteren die oberflächlichen Schichten verhornt sind, zeigt das Mundhöhlenepithel beim Menschen niemals Verhornung; deshalb fehlen ihm auch die für die Epidermis charakteristischen Zellschichten des Stratum lucidum und granulosum. Die Lamina propria der Mundhöhlenschleimhaut bildet leisten- oder zapfenförmige Erhebungen, die sog. Papillen. Die Täler zwischen den Papillen werden vom Epithel ausgeglichen, das ausserdem noch in mehreren Lagen die Papillen bedeckt, so dass eine gleichmässig ebene Oberfläche resultiert (Fig. 135). Während die Epidermis der Lippen nur Andeutungen von solchen Papillenbildungen zeigt, treten an der äusseren Lippenkante, wo Haare und Talgdrüsen verschwinden, im sog. Übergangsteil sehr

regelmässige, aber niedrige Papillen auf. Sie werden an der inneren Lippenkante, wo die Verhornung aufhört und der eigentliche Schleimhautteil der Lippe beginnt, sehr hoch, um dann auf der Innenfläche der Lippe wieder an Höhe und Regelmässigkeit beträchtlich abzunehmen (Fig. 135). Auch das Zahnfleisch zeichnet sich durch den Besitz sehr hoher Papillen aus, sonst sind die Papillen der Mundhöhlenschleimhaut ziemlich niedrig.

Die Submucosa besteht aus lockerem Bindegewebe, mit vereinzelten elastischen Fasern. Sie geht entweder über in das Periost des darunter gelegenen Knochens (harter Gaumen und Zahnfleisch) oder in das die Muskulatur umgebende und trennende Bindegewebe (Lippen, Backen, Mundhöhlenboden, weicher Gaumen).

Die Submucosa der Mundhöhlenschleimhaut ist ausserordentlich reich an Drüsen. Sie bilden an vielen Stellen ein kontinuierliches Drüsenlager, dessen Ausführgänge das Stratum proprium und das Epithel durchbohren und sich in die Mundhöhle öffnen (Fig. 135). Ihr feinerer Bau soll später im Zusammenhang mit den grossen Mundhöhlendrüsen besprochen werden.

Die Mundhöhlenschleimhaut besitzt eine reiche Vaskularisation. Die Arterien bilden zunächst einen weitmaschigen Plexus innerhalb der Submucosa. Aus ihm zweigen feine Ästchen ab und bilden einen zweiten engeren Plexus innerhalb der Lamina propria. Aus diesem oberflächlichen Plexus treten dann die Zweige in die Papillen und zerfallen hier in ein dicht unter dem Epithel gelegenes Kapillarnetz, aus dem die Venen hervorgehen, die in ihrem Verlauf den Arterien folgen. Die Lymphgefässe bilden Netze innerhalb der Submucosa und Propria, sie sammeln sich zu einzelnen Stämmchen, welche in die Lymphoglandulae submaxillares, submentales, linguales, parotideae, cervicales superficiales und profundae münden.

Die Nerven der Mundhöhlenschleimhaut, Äste des Nervus trigeminus und des Ganglion sphenopalatinum bilden Geflechte innerhalb der Submucosa, treten in die Papillen und enden zwischenzellig im Epithel. In der Lippenschleimhaut finden sich auch Nervenendkörperchen.

b) Die Zähne.

Makroskopisch können wir an jedem Zahn zwei Teile unterscheiden: eine oder mehrere Wurzeln, mit welchen er in der knöchernen Alveole steckt, und eine Krone, mit der er frei in die Mundhöhle ragt. Zwischen beiden liegt der Zahnhals ausser-

halb der Alveole, aber bedeckt vom Zahnfleisch. Jeder Zahn enthält in seinem Innern eine Höhle, die Pulpahöhle welche mit

Krone
Schmelz
Interglobularräume
Pulpa höhle
Hals
Dentin
Interglobularräume
Wurzel
Wurzelkanal mit Öffnungen der Zahnbeinröhrchen
Zement
Foramen apicis

Fig. 136.
Längsschliff durch einen menschlichen Schneidezahn.
Ca. 6mal vergrössert.

der Zahnpulpa ausgefüllt ist und sich in jede Wurzel in Form eines feinen Kanals, Wurzelkanal, fortsetzt, der sich an der Wurzelspitze in dem Foramen apicis dentis öffnet (Fig. 136).

Schon makroskopisch oder bei ganz schwacher Vergrösserung kann man an Längsschliffen drei verschiedene Substanzen erkennen, welche den Zahn zusammensetzen (Fig. 136). Den Grundstock des ganzen Zahns bildet das Zahnbein, das Dentin. Es kleidet die Pulpahöhle und den Wurzelkanal als dicke Schicht in ihrer ganzen Ausdehnung aus und setzt sich nach oben in die Krone fort, tritt aber nirgends frei an die Oberfläche. Es ist im Kronenteil überzogen von einer dicken Schicht einer ausserordentlich harten Substanz, von dem Schmelz. Im Hals- und Wurzelteil trägt es einen dünnen Überzug von Zement, welcher nur an der Wurzelspitze eine etwas grössere Dicke erreicht. Es stossen also im Zahnhals Schmelz und Zement zusammen, und zwar meist so, dass letzteres den ersteren noch ein kleines Stück weit deckt.

Fig. 137.

Aus einem Längsschnitte der Krone eines Milchzahnes vom Neugeborenen.

Es ist die Grenze von Pulpa und Zahnbein zu sehen. Ca. 500mal vergrössert.

Die Zahnpulpa füllt als weiche, rötliche Masse die ganze Pulpahöhle und die Wurzelkanäle aus und steht in kontinuierlicher Verbindung mit dem Periost der Alveole. Sie besteht aus einem Bindegewebe, dessen Fasern sehr fein sind, sich in allen Richtungen durchkreuzen und um die zahlreichen Gefässe und Nerven herum zu parallelen Zügen angeordnet sind. Das Bindegewebe der Zahnpulpa zeichnet sich aus durch seinen grossen Reichtum an länglichen oder sternförmigen Fibroblasten. Die ganze Oberfläche der Zahnpulpa ist mit einer einfachen Lage zylindrischer Zellen nach Art eines Epithels bedeckt, die wir als Odontoblasten oder Dentinzellen bezeichnen. Sie liegen mit ihrem freien peripheren Ende überall der Innenfläche der Pulpahöhle dicht an. Die Odontoblasten sind zylindrische Zellen, ungefähr 4—5 mal so lang als breit. Von dem peripheren, dem Zahnbein anliegenden, abgestumpften Ende entsendet jede Zelle in die Zahnbeinsubstanz hinein einen, seltener mehrere feine, lange Fortsätze, die Zahnfasern (Fig. 137). Das der

Pulpa aufliegende Ende ist zugespitzt und geht in einen kürzeren, in die Pulpa eindringenden Fortsatz über. Nach innen zu schliessen sich an diese oberflächlichsten Odontoblasten noch eine oder auch mehrere Schichten mehr unregelmässiger Zellen, die den Übergang zu den Fibroblasten der Pulpa vermitteln.

Das Dentin, Zahnbein, Elfenbein, Substantia eburnea, bildet die Hauptmasse des Zahns. Wir können es als ein Analogon des Knochengewebes bezeichnen, bestehend aus einer von leimgebenden Fibrillen gebildeten verkalkten Grundsubstanz und durchzogen von feinen, parallel verlaufenden Röhrchen, den Dentinkanälchen. Den Knochenzellen entsprechen hier die Odontoblasten, die also mit ihrem Körper ausserhalb der Grundsubstanz, nämlich, wie wir sahen, in der Pulpa gelegen sind und nur einen protoplasmatischen Ausläufer in die Kanälchen der Grundsubstanz hineinschicken, die Zahnfasern.

Fig. 138.

Aus einem Schliffe durch die nahe der Pulpa liegende Partie des Zahnbeins eines menschlichen Eckzahnes, welcher mit Farbstoff imprägniert war.

Die Zahnkanälchen sind quergeschliffen, die Seitenäste verbinden die letzteren. Ca. 400mal vergrössert.

Die Dentinkanälchen beginnen an der inneren, der Pulpahöhle zugekehrten Oberfläche des Zahns mit feinen Öffnungen (Fig. 136) und durchsetzen in radiärer Richtung mit leicht S-förmiger Krümmung und schwach geschlängeltem Verlauf das Zahnbein (Fig. 139). Anfangs 2,5—5 μ dick, verjüngen sie sich durch fortgesetzte Verästelung immer mehr, so dass sie in der Nähe der Zahnbeinoberfläche nur noch 0,6 μ dick sind. Mittelst zahlreicher Seitenzweige verbinden sich nicht nur dicht benachbarte Kanälchen miteinander, sondern auch, wie der Querschliff der Kanälchen in Fig. 138 zeigt, weiter voneinander entfernte Kanälchen.

In den tieferen, der Pulpa näher liegenden Partien des Dentins sind die Seitenzweige spärlicher und gehen rechtwinkelig vom Stamm ab, in den oberflächlichen Dentinschichten werden sie immer zahlreicher und gehen unter spitzem Winkel ab (Fig. 139).

In der Krone verlaufen die Kanälchen mehr gradlinig und teilen sich nur selten in Kanälchen von gleichem Kaliber. Im Zahnhals dagegen verlaufen die Kanälchen mehr wellig. In der Wurzel endlich erinnert ihr Verlauf an eine gebrochene Linie, und wir finden zahlreiche Teilungen in gleichkalibrige Äste (Szymonowicz, Fig. 139, 140, 141).

Auch die Endverzweigung der Kanälchen ist in den verschiedenen Teilen des Zahnes verschieden. Im Kronendentin spalten sich die Kanälchen dicht an der Schmelzgrenze fingerförmig in mehrere Äste, von denen einzelne die Schmelzgrenze überschreiten, innerhalb der die Schmelzprismen verbindenden Kittsubstanz noch eine kurze Strecke weit vordringen und dann manchmal mit einer kleinen Keule endigen. Im Hals- und Wurzelteil überschreiten die Kanälchen niemals die Schmelzgrenze, sondern endigen blind an der Zementgrenze oder in der später zu erwähnenden Tomes'schen Körnerschicht (Fig. 142). In selteneren Fällen können auch die Enden benachbarter Kanälchen schlingenförmig ineinander übergehen.

Die Grundsubstanz des Zahnbeines besteht aus feinen kollagenen Fibrillen, die von aussen nach innen schichtenweise angeordnet sind. Die Schichten verlaufen im grossen und ganzen parallel zur Oberfläche des Zahnbeins, kreuzen also die Zahnbeinröhrchen mehr oder weniger rechtwinkelig. Innerhalb der einzelnen Schichten kreuzen sich die Fibrillen vielfach und sind eingelagert in eine homogene, verkalkte Kittsubstanz. Um die Dentinkanälchen herum bildet die Grundsubstanz besondere verkalkte Scheiden, die Neumann'schen Scheiden, so dass man durch geeignete Präparationsmethoden die Kanälchenwandung isoliert darstellen kann.

Innerhalb des Kronendentins findet sich dicht unter der Schmelzgrenze eine Schicht grosser, zackiger Lücken, welche die verkalkte Grundsubstanz in Form kugeliger Hervorragungen (Zahnbeinkugeln, Fig. 138) begrenzt. Diese Interglobularräume stellen wahrscheinlich unverkalkte Partien der Grundsubstanz dar, die Residuen einer ungleichmässigen und unvollständigen Verkalkung des Zahnbeins. Die Zahnbeinröhrchen ziehen ohne Unterbrechung durch diese Räume durch. Eine Lage sehr kleiner Interglobularräume finden wir dicht unter der Zementgrenze des Wurzeldentins (Fig. 142). Sie führt den Namen der Tomes'schen Körnerschicht.

Der Schmelz, Email, Substantia adamantina, überzieht die Zahnkrone und stellt das härteste und wasserärmste aller tierischen Gewebe dar. Während der Knochen, wie wir schon früher sahen, 30—50 % organische Bestandteile enthält, haben wir im Dentin nur 26—28 % und im Schmelz nur 2—6 %. Das Dentin ist ausserdem beträchtlich wasserärmer als der Knochen, und der Schmelz ist fast ganz wasserfrei. Der Schmelz besteht aus langen, 3—6 μ dicken, recht regelmässig fünf- oder sechsseitigen Prismen, den Schmelzfasern oder Schmelzprismen. Sie durchsetzen in radiärer Richtung die ganze Dicke des Schmelzes, und zwar unter schraubenförmigen Biegungen (Fig. 143). Ausserdem finden sich zirkulär verlaufende Zonen von Schmelzprismen in den Seitenteilen der Krone in Form der Schmelzgürtel (von Ebner). Dabei werden die Prismen von der Dentingrenze zur freien Oberfläche allmählich etwas dicker. Sie sind doppelbrechend, und zwar negativ einachsig und lassen eine Querbänderung ihrer Substanz erkennen. Die einzelnen Schmelzprismen sind durch eine spärliche Kittsubstanz fest miteinander verlötet. Auf seiner freien Oberfläche ist der Schmelz von einer 1—2 μ dicken, gegen die meisten Reagenzien ausserordentlich widerstandsfähigen, strukturlosen Membran, dem Schmelzoberhäutchen, Cuticula dentis, überzogen.

Fig. 142.

Stück eines Querschliffes durch einen Schneidezahn des Menschen in der Nähe der Wurzel.

Ca. 360 mal vergrössert.

Das Zement, Substantia ossea dentis, überzieht Hals und Wurzel des Zahns und nimmt dabei von oben nach unten an

Mächtigkeit ganz beträchtlich zu. Es ist seinem Bau nach echtes Knochengewebe mit fibrillärer Grundsubstanz, Knochenhöhlen, Knochenkanälchen und Knochenzellen, aber gewöhnlich ohne Havers'sche Kanäle. Dieselben treten nur in alten Zähnen, vor allem in dem Zement der Molaren auf. Die Grundsubstanz des

Fig. 143.

Längsschliff durch die Spitze eines menschlichen Eckzahnes (von einem $3^1/_2$ Jahre alten Knaben).

Das Eindringen der Zahnkanälchen zwischen die Schmelzprismen und der Verlauf der letzteren sind sichtbar. Ca. 135 mal vergrössert.

Zementes ist reich an Sharpey'schen Fasern. Die Knochenhöhlen und -zellen sind um so zahlreicher, je dicker die Zementschicht ist, und nehmen deshalb nach dem Hals zu an Zahl stark ab. In dem dünnen Halszement fehlen sie meist ganz (Fig. 142).

Die Blutversorgung der Zähne ist eine sehr reichliche. Von den Arteriae alveolares dringen die Rami dentales in die Wurzelkanäle

ein, und zwar liegen die arteriellen Stämmchen immer zu mehreren in der Peripherie des Kanals, die venösen Stämmchen in der Mitte. Durch fortgesetzte Verzweigung der Arterien bildet sich mitten in der Pulpa ein dichtes Kapillarnetz, aus welchem Kapillaren abzweigen, zwischen die Odontoblasten eindringen und hier ein feines, peripheres Netz bilden (Annell, Lepkowski).

Auch mit Lymphgefässen ist die Zahnpulpa reichlich versorgt, sie bilden in der Kronenpulpa ganze Büschel von Gefässen, die sich in der Wurzelpulpa zu einem oder mehreren Stämmchen sammeln. Sie münden in die Lymphoglandulae maxillares resp. cervicales profundae (Schweitzer).

Die Nerven, aus den Rami alveolares resp. dem Plexus dentalis inferior, treten in mehreren kleinen Stämmchen in die Pulpa ein und lösen sich bald in einen dichten Plexus auf, aus dem Fasern gegen die Pulpaoberfläche vordringen, ihre Markscheide verlieren und zwischen den Odontoblasten mit kleinen Endknöpfchen endigen (Retzius). Dass die Fasern auch in das Zahnbein hineindringen (Boll, Römer, Morgenstern) ist bis jetzt zweifelsohne nicht erwiesen.

Die Entwickelung der Zähne. Da die Zahnentwickelung uns erst das rechte Verständnis für den Zahnbau liefert, soll dieselbe etwas näher hier betrachtet werden. Die Hartgebilde des Zahns leiten sich ontogenetisch aus zwei ganz verschiedenen Teilen der Embryonalanlage her, der Schmelz ist ein Produkt des Mundhöhlenepithels, also des äusseren Keimblatts, Dentin und Zement dagegen sind Abkömmlinge des Mesenchyms. Phylogenetisch ist der Zahn weiter nichts als eine verknöcherte Hautpapille. Bei den Säugern entwickeln sich Zähne nur an den Kieferrändern, bei Fischen können aber alle Knochen der Mundhöhle und selbst das Zungenbein Zähne tragen, und bei den Selachiern geht die

Fig. 144.
Ein frühes Stadium der Zahnentwickelung bei einem Schweinsembryo.
Ca. 240mal vergrössert.

Zahnbildung sogar überall in der Körperbedeckung vor sich und führt zur Bildung von Hautzähnen, den sog. Plakoïdschuppen.

Den Ausgangspunkt für die Entwickelung der Säugetierzähne bildet das Epithel der Kieferränder. Schon im Beginn der sie-

Fig. 145.

Ein vorgeschrittenes Stadium der Zahnentwickelung beim Menschen (von einem $3^1/_2$ monatlichen Embryo).

Ca. 65 mal vergrössert.

benten Fötalwoche wächst beim Menschen das Epithel in Form einer kontinuierlichen Leiste ein, der *Zahnleiste*. Im dritten Monat wuchert dann das Epithel der Leiste von Strecke zu Strecke in Form von kolbig verdickten Zapfen in das darunter liegende Bindegewebe und bildet so je zehn *Schmelzkeime* im Ober- und Unterkiefer (Fig. 144). Gleichzeitig wächst einem jeden

Schmelzkeim das Bindegewebe in Form einer Papille entgegen, treibt die Basis des Schmelzkeims vor sich her und stülpt sie ein, so dass das Epithel, das wir jetzt als Schmelzorgan bezeichnen, der bindegewebigen Zahnpapille wie eine Kappe aufsitzt. Alsbald beginnt die Zahnleiste sich vom Schmelzorgan mehr und mehr zu lösen. Das epitheliale Verbindungsstück zwischen beiden, der Hals des Schmelzorgans, wird immer dünner und rückt durch stärkeres Wachstum des letzteren mehr an die innere Seite. Von hier aus treibt es nun in das Bindegewebe eine zweite kolbige Verdickung, welche die Anlage des bleibenden Zahnes darstellt (Fig. 145), während die erste Anlage den Milchzahn repräsentiert.

Innerhalb des Schmelzorgans und der Papille gehen inzwischen Differenzierungen vor sich, welche zur Bildung der Hartsubstanzen führen. An ersterem wandeln sich die peripheren Zellen zu einem einschichtigen Epithel um, während die nach innen gelegenen Zellen zwischen sich Gallertsubstanz absondern und selbst zu sternförmigen Gallertzellen werden. Es besteht so das Schmelzorgan aus einem Epithel, das ein Gallertgewebe, die Schmelzpulpa, umschliesst. Diejenigen Zellen des Epithels, welche an die Zahnpapille anstossen, werden hoch zylindrisch, wir bezeichnen sie als die inneren Schmelzzellen. Sie gehen über in die äusseren Schmelzzellen, welche zunächst noch kubisch sind, nach oben aber immer flacher werden. Die Veränderungen an der Zahnpapille bestehen, abgesehen von einem stärkeren Einwachsen der Papille in das Schmelzorgan hinein, darin, dass die äussersten, an die inneren Schmelzzellen grenzenden Mesenchymzellen zu spindligen Gebilden anwachsen und der freien Papillenoberfläche wie ein Epithel aufsitzen. Wir haben also in diesen Odontoblasten Bindegewebszellen, in den Schmelzzellen dagegen Zellen des Ektoderms vor uns.

Gleichzeitig löst sich nun die Zahnanlage von der Zahnleiste vollständig los, die Zahnleiste wird durch das Bindegewebe in kleine Epithelnester zerlegt, und das die Zahnanlage umgebende Bindegewebe verdichtet sich und grenzt sich als Zahnsäckchen gegen seine Umgebung ab.

Um die zwanzigste Woche des Embryonallebens werden beim Menschen die ersten Spuren der Hartsubstanzen bemerkbar. Es scheiden die Odontoblasten an ihrer Oberfläche ein dünnes, homogenes Häutchen ab, welches sie von den inneren Schmelzzellen trennt, die Membrana praeformativa (Raschkow). Von

ihr aus entwickelt sich nun nach aussen das Dentin, in dem von Anfang parallel zur Oberfläche verlaufende kollagene Fibrillen erscheinen. Gleichzeitig wächst von der Oberfläche der Odontoblasten ein Zellausläufer als Zahnbeinfaser in das neugebildete Dentin hinein. Die Verkalkung des letzteren erfolgt schichtenweise, das verkalkte Dentin bildet gegen das unverkalkte halbkugelige Vorsprünge, die Zahnbeinkugeln (Koelliker). Da es an vielen Stellen überhaupt nicht zur Verkalkung kommt, grenzen sich dieselben, die früher beschriebenen Interglobularräume, durch Zahnbeinkugeln ab.

Bald nach dem Beginn der Dentinbildung setzt auch die Schmelzbildung ein. Die inneren Schmelzzellen scheiden an ihrem dem jungen Dentin anliegenden Ende eine homogene Masse aus, die sich wie ein Kutikularsaum über die ganze Schmelzmembran ausbreitet. Von dieser Cuticula wachsen in der Verlängerung der Schmelzzellen homogene Fortsätze gegen das neugebildete Dentin vor, die Tomes'schen Fortsätze, die vom Zentrum zur Peripherie verkalken und zu Schmelzprismen werden. Die Schmelzzellen selbst gehen später zugrunde, ihre Cuticula wird zum Schmelzoberhäutchen. Mit der fortschreitenden Entwickelung des Schmelzes wird die Schmelzpulpa immer mehr reduziert, bis sich schliesslich die äusseren Schmelzzellen wieder den inneren anlagern und mit diesen zugrunde gehen.

Das Zement entwickelt sich als Bindegewebsknochen aus dem dem Dentin anliegenden Bindegewebe, dessen Zellen zu Osteoblasten werden und Knochen um sich herum absondern.

c) Die Zunge.

Die Zunge ist ihrer Hauptsache nach ein muskulöses Organ, welches die Mundhöhle fast völlig ausfüllt. Vom Mundhöhlenboden her schlägt sich auf diese Muskelmasse die Mundhöhlenschleimhaut über und erleidet dabei charakteristische Veränderungen. Von dem hinteren Teil der Zunge aus geht die Schleimhaut in die Rachenhöhlenschleimhaut über.

Über die Zungenmuskeln ist vom histologischen Standpunkt aus nur wenig zu sagen. Es sind das quergestreifte Muskelfasern, die zu Bündeln vereint die Zunge von vorn nach hinten, von rechts nach links und von oben nach unten durchziehen und teils der Zunge eigentümlich sind, teils in sie von aussen her eindringen. Die Muskelfasern der Zunge zeigen nicht selten Teilungen und Verästelungen.

Die Submucosa, welche Zungenmuskulatur und Schleimhaut miteinander verbindet, besteht aus Bindegewebe, das im allgemeinen am Zungenrücken schwächer entwickelt ist als in den Seitenteilen und vor allem am Grunde des Organs.

Die Schleimhaut der Zunge zeigt den Bau der Mundhöhlenschleimhaut und ist bedeckt mit einem geschichteten Plattenepithel, dessen Zellen oft in vielen Schichten übereinanderliegen. Die äussersten Lagen derselben verfallen an bestimmten Stellen der Verhornung. Die Zungenschleimhaut unterscheidet sich jedoch von der Schleimhaut der Mundhöhle dadurch, dass sie auf dem Zungenrücken zahlreiche Erhebungen der verschiedensten Form, die sog. Zungenpapillen bildet.

Verhornendes Epithel

Sekundäre Papille

Epithel

Tunica propria

Fig. 146.

Zwei fadenförmige Papillen aus der vorderen Partie der menschlichen Zunge.

Ca. 80mal vergrössert.

Von den Zungenpapillen unterscheiden wir bei dem Menschen vier Arten: fadenförmige Papillen (Papillae filiformes), pilzförmige Papillen (Papillae fungiformes), umwallte Papillen (Papillae circumvallatae) und blattförmige Papillen (Papillae foliatae).

Die Papillae filiformes sind über den ganzen Zungenrücken, vom Sulcus terminalis bis zur Zungenspitze verbreitet. Es sind das kegelförmige Erhebungen der Lamina propria von sehr verschiedener Länge (0,7—3 mm). Am längsten sind sie im Winkel der Grenzfurche und in der Zungenmitte, nach den Rändern werden sie niedriger. Von der Tunica propria des Papillenkonus erheben sich in grösserer Zahl (5—20) sekundäre Papillen (Fig. 146). Das

dieselben bedeckende Epithel ist ausserordentlich vielschichtig, die äussersten Zellen zeigen häufig (namentlich bei Katzen) Verhornung. Der Epithelbelag ist nach oben zu in Form einer feinen Spitze ausgezogen, oft zerfasert er sich, nach Art eines Pinsels, in mehrere Fortsätze, welche den sekundären Papillen aufsitzen.

Die Papillae fungiformes entspringen mit breiterer Basis, sie sind niedriger (0,7—1,8 mm) und haben die Form von kurzen Keulen, während sich wirkliche Pilzformen nur seltener finden

Sekundäre Papille

Epithel

Muskelfasern

Fig. 147.

Senkrechter Schnitt durch eine Papilla fungiformis des Menschen.

Ca. 45 mal vergrössert.

(Fig. 147). Auch sie tragen zahlreiche sekundäre Papillen, über welche das Epithel glatt hinwegzieht. Während die Papillae filiformes immer grauweisslich gefärbt sind, haben die Papillae fungiformes eine exquisit rote Farbe. Ihr Epithelüberzug ist nämlich viel dünner und zeigt niemals Verhornung, so dass die Blutgefässe des Papillenkörpers durchschimmern. Wir treffen sie überall zerstreut auf dem Zungenrücken zwischen den Papillae filiformes. Zwischen beiden Papillenarten finden sich mannigfache Übergangsformen, ebenso zwischen den Papillae fungiformes und den nun zu besprechenden Papillae vallatae.

Die Papillae vallatae finden sich als 7—12 runde, 1 bis 2 mm im Durchmesser haltende und etwa 1 mm hohe Gebilde dicht vor dem Sulcus terminalis und parallel mit ihm angeordnet, so dass sie also in ihrer Gesamtheit einen nach vorn offenen Winkel bilden. Sie ragen nur wenig über die Schleimhautoberfläche hervor. Auf dem Schnitt (Fig. 148) erkennt man, dass sie mit verschmälerter Basis aus der Tiefe hervorkommen und nach

Fig. 148.

Senkrechter Schnitt durch eine Papilla vallata des Menschen.

× × = Geschmacksknospen. 37 mal vergrössert.

oben sich beträchtlich verbreitern, manchmal selbst pilzförmig überhängen. Von den benachbarten Schleimhautpartien sind sie durch eine tiefe, mit Epithel ausgekleidete zirkuläre Furche getrennt, in deren Boden zahlreiche seröse Drüsen einmünden. Um die Papille herum bildet die Schleimhaut jenseits der Furche einen flachen ringförmigen Wall. Die Oberfläche der Tunica propria ist mit kleinen sekundären Papillen bedeckt, während die Seitenflächen von ihnen frei bleiben. Die Epitheldecke der Papille ist verhältnismässig dünn und verdünnt sich nach der Basis zu immer mehr.

In ihr erscheinen innerhalb der Furche, also in den seitlichen Bezirken des Papillenepithels, knospenartige, zellige Gebilde, die Geschmacksknospen, die später zu besprechenden Endorgane der Geschmacksnerven.

Die Papillae foliatae finden sich am Seitenrand der Zunge dicht vor der Basis des Arcus glossopalatinus in Form von mehreren parallelen, quer verlaufenden Schleimhautfalten, durch tiefe Furchen voneinander getrennt. Sie enthalten in ihrem Epithel gleich den Papillae vallatae zahlreiche Geschmacksknospen. In viel grösserer Ausdehnung und schärferer Abgrenzung finden sie

Epithel
Tunica propria
Lymphknötchen
Schrägschnitt eines Schleimdrüsenausführungsganges
Quergeschnittene Muskelfasern
Adenoides Gewebe

Fig. 149.

Schnitt durch einen Zungenbalg des Menschen.

× = Balghöhle. 50mal vergrössert.

sich bei vielen Säugetieren, wie Affen, Halbaffen, Nagetieren. Beim Kaninchen bilden sie eine ovale, jederseits an der hinteren Seitenfläche der Zunge gelegene Platte, welche sich gegen die umgebenden Partien der Zungenschleimhaut scharf abgrenzt und ausserordentlich reich mit Geschmacksknospen versehen ist.

Die Schleimhaut der Hinterzunge enthält keine Papillen, sie erscheint mit zahlreichen flachen Erhebungen besät, von denen jede in ihrer Mitte eine kleine Öffnung besitzt. Es sind das die Zungenbälge, Folliculi linguales. Fig. 149 zeigt einen Schnitt durch einen solchen Zungenbalg. Man sieht, wie die Balgöffnung in eine kleine, blindgeschlossene, von geschichtetem Epithel aus-

gekleidete Höhle führt. In die Lamina propria der Schleimhaut sind kugelige oder ovoide Lymphfollikel eingelagert. Von ihnen wandern fortwährend Lymphozyten durch das Epithel durch, gelangen in die Follikelhöhle und schliesslich in die Mundhöhle, wo sie als sog. Speichelkörperchen im Mundspeichel wiedererscheinen. Durch das fortwährende Durchwandern der Lymphozyten kann das Epithel an vielen Stellen stark destruiert werden (Fig. 150).

Durchwandernde Leukozyten

Epithel

Adenoides Gewebe in der Tunica propria

Fig. 150.

Aus einem feinen Schnitt durch einen Zungenbalg des Menschen.

Ca. 260 mal vergrössert.

Innerhalb der Submucosa der Zunge finden sich zahlreiche Drüsen. Sie sind am dichtesten gelagert auf der Hinterzunge und gehen von hier aus auch auf die Vorderzunge über, beschränken sich aber hier auf die hinteren Abschnitte des Zungenrückens und der Zungenränder. Ausserdem findet sich noch in der Zungenspitze jederseits eine kleine Drüse, die Nuhn'sche oder Blandin'sche Drüse, Glandula lingualis anterior. Die Zungen drüsen gehören ihrer grossen Masse nach zu den Schleimdrüsen. Nur da, wo Geschmacksknospen vorkommen, finden sich seröse Drüsen, die sog. von Ebner'schen Drüsen. Sie bilden starke Drüsenlager um die Papillae vallatae und foliatae. Der Bau dieser Zungendrüsen soll im Zusammenhang mit den Speicheldrüsen behandelt werden.

Die Arterien der Zunge sind Äste der Art. lingualis und versorgen einmal die Zungenmuskeln, dann die Zungendrüsen und

schliesslich die Schleimhaut. Die Schleimhautarterien bilden in der Submucosa ein dichtes Gefässnetz, aus dem die Zweige für die Papillen aufsteigen, und zwar für jede Papilla filiformis ein kleiner Zweig, für die Papillae fungiformes, vallatae und foliatae deren mehrere. Sie zerfallen im Papillenbindegewebe in Kapillarnetze, aus denen die mit den Arterien gleich- und zusammenlaufenden Venen hervorgehen.

Ähnlich verhalten sich auch die Lymphgefässe, mit denen die Zunge ausserordentlich reich versorgt ist. Sie entspringen aus innerhalb des Papillenbindegewebes gelegenen Netzen und sammeln sich in einem innerhalb der Submucosa gelegenen Lymphplexus, dessen Gefässe nach hinten zu immer stärker werden und in grösster Ausdehnung die Papillae vallatae umgeben. Aus diesem Plexus führen die abführenden Wege teils nach hinten zu den Lymphoglandulae linguales, teils nach vorn zu den Lymphoglandulae cervicales.

Die Nerven der Zunge entstammen teils dem Nerv. lingualis, teils dem Nerv. hypoglossus, teils dem Nerv. glossopharyngeus. Die sensiblen Endäste des Nerv. lingualis versorgen die ganze Vorderzunge. Sie bilden zunächst einen groben submukösen Plexus, dann einen zweiten Plexus in der Lamina propria. Aus ihm dringen dann die feinen Fäserchen in grosser Zahl in die Papillen ein, durchsetzen vielfach geschlängelt und gewunden ihr Bindegewebe. Hier bilden sie teils Endarborisationen, teils dringen sie in das Epithel ein und enden frei zwischen seinen Zellen. Ausserdem aber finden sich hier noch besondere Endkörperchen in Form der Pacini'schen, Krause'schen, Meissner'schen und Ruffini'schen Körperchen.

Die Endäste des Nervus hypoglossus stellen die motorischen Fasern der Zungenmuskulatur dar, sie endigen an den Muskelfasern mit typischen Endgeweihen.

Die Rami linguales des Nervus glossopharyngeus versorgen die ganze Hinterzunge mit sensiblen Zweigen, dringen auch auf die hinteren und seitlichen Abschnitte der Vorderzunge vor und treten hier zu den Geschmacksknospen, an denen sie in später zu besprechender Weise enden.

d) Die Speicheldrüsen.

Die Speicheldrüsen sind entwickelungsgeschichtlich Abkömmlinge des Mundhöhlenepithels und wachsen von diesem in Form von Epithelsprossen in die Tiefe, die sich stark verzweigen und

verästeln. Die Aushöhlung der anfangs soliden Sprossen und damit die Entstehung des Drüsenhohlraumsystems erfolgt erst ziemlich spät.

Die Gesamtheit aller in die Mundhöhle einmündenden Drüsen liefert ein fadenziehendes Sekret, den Mundspeichel, der geformte Elemente nur in geringer Zahl enthält. Von diesen letzteren finden sich einmal helle, kugelige, ca. 10 μ im Durchmesser haltende Körperchen mit körnigem Inhalt, die sog. Speichelkörperchen. Es sind das Lymphozyten, welche teils aus den lymphoiden Organen der Mundhöhle (Tonsillen, Zungenbälge) stammen, zum Teil aber auch schon innerhalb der Drüsen selbst in das Sekret auswandern. Ein Kern lässt sich nicht immer an diesen abgestorbenen Elementen erkennen, dagegen zeigt ihr körniger Inhalt sehr schön die Brown'sche Molekularbewegung. Ausserdem finden sich in dem Mundspeichel noch abgestossene Zellen des Mundhöhlenepithels und Saprophyten (Leptothrix, Spirillen, Kokken usw.) in wechselnder Zahl. Die Reaktion des Mundspeichels ist meist ganz schwach alkalisch, seltener schwach sauer. Er enthält ca. 99 % Wasser, 0,4 % organische und 0,6 % anorganische Bestandteile, unter letzteren spielt das aus der Zersetzung der Eiweisskörper hervorgegangene Rhodankalium eine gewisse Rolle. Von den organischen Bestandteilen finden sich Eiweiss, Muzin und Ptyalin. Dem letzteren verdankt der Speichel seine Fähigkeit, Stärke in Zucker zu verwandeln.

Grob morphologisch können wir die Mundhöhlendrüsen einteilen in grosse und kleine Speicheldrüsen. Zu den ersteren gehören die Glandula submaxillaris, die Glandula sublingualis und die Glandula parotis. Die kleinen Speicheldrüsen finden sich in der Submucosa der Mundhöhlenschleimhaut zerstreut, und zwar als Glandulae labiales in der Lippenschleimhaut, als Glandulae buccales in der Wangenschleimhaut, als Glandulae palatinae in der Schleimhaut des weichen Gaumens und als Glandulae linguales in der Zunge.

Nach der Zahl der Ausführungsgänge kann man die Mundhöhlendrüsen in Glandulae monostomaticae und Glandulae polystomaticae einteilen. Zu ersteren gehören Submaxillaris und Parotis, zu letzteren alle übrigen.

Bezüglich der Form der Sekretionsräume gehören die Speicheldrüsen entweder dem rein tubulösen, und zwar verzweigt tubulösen Typus an oder dem alveolären Typus oder dem alveolärtubulösen Typus.

Tubulös sind die von Ebner'schen Drüsen, alveolär ist die Parotis und der seröse Teil der Submaxillaris, alle übrigen Drüsen sind alveolär-tubulös.

Viel wichtiger als diese rein morphologische Klassifikation ist die Einteilung der Drüsen nach physiologischen Gesichtspunkten, die ihren Ausdruck in der Drüsenstruktur finden, wie sie zuerst von Rudolf Heidenhain durchgeführt worden ist. Wie wir sahen, findet sich im Mundspeichel neben Eiweiss Muzin. Fangen wir nun das Sekret der einzelnen Drüsen getrennt auf, so können wir konstatieren, dass z. B. das Parotidensekret ganz frei von Schleim und deshalb leicht tropfbar flüssig ist, während der Sublingualspeichel sehr grosse Mengen von Schleim enthält und deshalb sich stark fadenziehend zeigt. Wir bezeichnen Drüsen mit eiweisshaltigem, schleimfreiem Sekret als seröse Drüsen, dagegen Drüsen mit stark schleimhaltigem, eiweissarmem Sekret als muköse Drüsen. Dazwischen kommen Mischformen vor, gemischte Drüsen. Muköse Drüsen sind beim Menschen die grosse Masse der kleinen Mundhöhlendrüsen, rein serös sind die von Ebner'schen Drüsen und die Parotis, gemischt die Submaxillaris und Sublingualis, letztere jedoch vorwiegend mukös.

Wie wir bei der allgemeinen Besprechung des Drüsenbaues sahen, setzt sich das Parenchym einer jeden Drüse zusammen aus folgenden Teilen. Der in die Drüse einmündende Ausführungsgang verästelt sich vielfach, seine kleineren Teiläste gehen über in die sogenannten Schaltstücke, die in die eigentlichen Sekretionsräume führen. In den letzteren wird jedenfalls die Hauptmasse des Sekrets von den sie auskleidenden Epithelzellen abgesondert; die Zellen des ausführenden Gangsystems besitzen aber ebenfalls zum grossen Teil noch sekretorische Funktion.

Die jene Sekretionsräume auskleidenden Zellen, die wir kurz als das sezernierende Epithel der Drüse bezeichnen wollen, zeigen nun in den einzelnen Drüsen augenfällige Unterschiede im Bau. Muköse Drüsen besitzen andersartige Zellen als seröse Drüsen. Innerhalb derselben Drüse finden sich aber ausserdem, wie schon früher ausgeführt wurde, auch noch funktionelle Unterschiede. Die Zellen einer tätigen Drüse, d. h. einer Drüse, die in voller Herausbeförderung ihres Sekrets begriffen ist, sehen ganz anders aus, als die Zellen einer Drüse, die längere Zeit nicht sezerniert hat. Wenn wir eine solche Drüsenzelle als ruhend bezeichnen, so dürfen wir dabei nicht etwa denken, dass sie die Ruhepause ganz unbenützt vorübergehen liesse. Im Gegenteil nimmt die Zelle während dieser

Zeit aus dem Blutstrom Stoffe auf, welche sie in ihrem Körper zu Sekret, resp. Vorstufen des Sekrets verarbeitet.

Untersuchen wir nun die sezernierenden Zellen einer ruhenden Parotis, so finden wir relativ kleine Zellen mit wabigem Protoplasma. Die Waben sind ausgefüllt mit kugeligen Granulis, die in grossen Massen die ganze Zelle erfüllen. Der Kern liegt meist in der Zellmitte und hat unregelmässige zackige Konturen. Sein Chromatin erscheint stark zusammengedrängt. Färbt man mit Karmin, so erscheint der Zellkörper hell, wenig gefärbt; färbt man mit einem Gemisch eines roten sauren und eines blauen basischen Teerfarbstoffs, so färbt sich der Kern blau, die Körnchen des Zellkörpers lebhaft rot. Diese Körnchen stellen eine Vorstufe des Sekrets dar, sie werden, sobald sie aus der Zelle in das Drüsenlumen austreten, gelöst und liefern die Eiweissköper des Sekrets, deshalb bezeichnen wir diese Zellen als Eiweisszellen, seröse Zellen. Fängt die Drüse an zu sezernieren, so werden die Zellgranula ins Drüsenlumen entleert, die ganze Zelle wird dabei etwas kleiner, der Kern weitet sich, wird kugelig oder ovoid mit deutlichen Nukleolen und Chromatingerüst. Das Protoplasma erscheint dichter, deshalb färben sich solche Zellen intensiver mit Karmin und sehen im frischen Zustand trüb aus. Hat die Zelle ihre sämtlichen Körnchen ausgestossen, so beginnt sie neue zu bilden und zwar zeigen sie sich zuerst an der Zellbasis und rücken allmählich nach der freien Oberfläche vor.

Ganz anders sind die Verhältnisse in einer reinen Schleimdrüse, z. B. in einer Gaumendrüse. Hier sind in der Ruhe die Zellen erheblich grösser, als in der serösen Drüse. Der Zellkörper besitzt ebenfalls einen exquisit wabigen Bau mit Körnchen in den Waben. Färben wir mit Karmin, so erscheint die Zelle ganz hell, ungefärbt, färben wir mit der oben erwähnten Mischung eines sauren und eines basischen Farbstoffs, so färbt sich der Zellkörper nicht wie dort mit dem sauren Farbstoff rot, sondern mit dem basischen Farbstoff blau. Der Kern liegt als kleiner, stark abgeplatteter Körper ganz an der Zellbasis und ist oft schwer zu entdecken. Fängt die Drüse an zu sezernieren, so werden die Körnchen ins Lumen ausgestossen, quellen auf und liefern den Schleim, wir bezeichnen solche Zellen deshalb als Schleimzellen, muköse Zellen. Hand in Hand mit der Ausstossung der Körnchen gehen Veränderungen am Zellkörper und Kern. Es fängt nämlich das Protoplasma zunächst an der Basis an, sich rot zu färben, der Kern weitet sich und wird ovoid. Das Protoplasma rückt immer

mehr nach innen vor, in seinen Maschen treten, sich ebenfalls rot färbende, Körnchen auf und wenn schliesslich die Muzingranula vollständig ausgestossen sind, sieht die Schleimzelle einer serösen Zelle zum Verwechseln ähnlich. Aber dieser Zustand dauert nur kurze Zeit, denn sehr bald beginnt von innen nach aussen fortschreitend die schleimige Umwandlung des Zellinhalts.

Fig. 152.

Schema der Glandula submaxillaris.

A = seröser Teil; B = muköser Teil; x = Schleimtubulus mit aufsitzendem Halbmonde.

Die grosse Zahl der Mundhöhlendrüsen besteht nun nicht ausschliesslich aus serösen oder aus mukösen Zellen, sondern beide Arten von Zellen gruppieren sich in bestimmter Weise nebeneinander. Wie sich dies im einzelnen verhält, soll im folgenden näher dargelegt werden.

Die Glandula submaxillaris (Fig. 152) mündet mittelst des Ductus submaxillaris in die Mundhöhle. Dieser Kanal besitzt ein zweireihiges Epithel, nach aussen eine Schicht kubischer Zellen, auf die nach innen eine Schicht Zylinderzellen folgt. Auf das Epithel folgt nach aussen eine strukturlose Basalmembran und dann ein mächtiges, der Gefässadventitia vergleichbares Bindegewebe, in dem zahlreiche elastische Fasern enthalten sind. Koelliker hat auch eine Lage längsverlaufender glatter Muskel zellen innerhalb des Bindegewebes nachgewiesen.

Innerhalb der Drüse angekommen, verzweigt sich der Ausführungsgang vielfach zunächst zwischen den einzelnen Drüsenläppchen in Form der interlobulären Ausführungsgänge, von denen sich dann Zweige in die Läppchen selbst begeben als intralobuläre Gänge. Die interlobulären Gänge zeigen zunächst noch die Bauverhältnisse des Ductus submaxillaris, sehr bald aber treten Veränderungen auf, das Epithel wird einschichtig, die bindegewebige Bekleidung beträchtlich dünner. Muskulatur kommt innerhalb der Drüse überhaupt nicht vor. Die Epithelzellen sind zunächst noch zylindrisch, sie werden mit der Abnahme des Gangdurchmessers immer niedriger. Die Zellen dieser inter- und intralobulären Speichelgänge oder -röhren zeigen einen eigenartigen Bau, ihre basale Hälfte erscheint nämlich wie ausgefranst, streifig, es sind das die Heidenhain'schen Stäbchen. Es bildet das Protoplasma hier radiär stark in die Länge gezogene Maschen. Dadurch dass in die Fäden zahlreiche Körnchen eingelagert sind, entsteht der Eindruck von Stäbchen (Taf. XVII, Fig. 153). Diesen Zellen kommt eine sekretorische Funktion zu, die in ihnen enthaltenen Körnchen gehen dabei in das Sekret über (Zerner, Eckhard Merkel, R. Krause).

Wenn der Durchmesser der intralobulären Gänge auf ca. 30 μ gesunken ist, gehen sie über in die sog. Schaltstücke; es sind längere oder kürzere Kanäle, die mit gewöhnlichen kubischen Zellen ausgekleidet sind, deren Höhe ziemlich variabel ist.

Die Drüsenendstücke, die sich an diese Schaltstücke anschliessen, sind nun in der Submaxillaris zweierlei Natur, entweder geht das relativ lange Schaltstück über in einen alveolären mit serösen Zellen ausgekleideten Endabschnitt, oder es folgen zunächst mit Schleimzellen ausgekleidete kurze Rohrstücke, an denen seitlich Schleimalveolen ansitzen und die in einer Schleimalveole enden. Wir haben also einmal rein seröse Endabschnitte und andererseits muköse Endabschnitte. Die ersteren überwiegen in der menschlichen Submaxillaris beträchtlich über die letzteren. Diesen letzteren sind

jedoch in zweifacher Weise noch seröse Zellen angelagert. Einmal kann der Schleimtubulus direkt in einer serösen Alveole endigen, andererseits sitzen den Schleimalveolen kleine Komplexe seröser Zellen in Form einer Kappe auf, die Gianuzzi'schen Halbmonde. Fig. 153 (Taf. XVII) zeigt uns diese Gebilde auf das Beste. Das Lumen setzt sich dabei in den Halbmond und zwischen dessen Zellen in Form von feinen Röhrchen, den schon früher erwähnten Sekretkapillaren fort. Dieselbe Figur präsentiert auch den Übergang eines Schaltstückes in eine seröse Alveole. Man sieht von dem engen Alveolenlumen feine Sekretkapillaren zwischen die serösen Zellen eindringen; ob diese Kapillaren auch in die Zellen selbst eindringen, ist eine noch strittige Frage.

Die Gianuzzi'schen Halbmonde sind ohne Zweifel sezernierende Zellen (von Ebner, Langley, E. Müller, R. Krause) und ihre Struktur zeigt soviel Ahnlichkeit mit den serösen Zellen, dass wir sie mit diesen identifizieren können. Dafür spricht auch die chemische Konstitution des Drüsensekrets. Sobald in Schleimdrüsen Halbmonde auftreten, steigt der Eiweissgehalt des Sekrets (R. Krause).

Fig. 156.
Schema der Glandula parotis.

H = Hauptausführungsgang; Ae = kleinere Äste desselben; Spr = Speichelröhre; S = Schaltstück; E = Endstück.

Das sezernierende Epithel der Submaxillaris wird aussen umhüllt von eigentümlichen verästelten Zellen, den von W. Krause entdeckten Korbzellen. Ihre Ausläufer anastomosieren miteinander und bilden ein korbartiges Geflecht um die Alveole oder den Tubulus. Nach aussen wird dann das ganze durch eine strukturlose Membrana propria abgeschlossen.

Die Parotis (Fig. 156). Nach dieser eingehenden Beschreibung der menschlichen Submaxillaris können wir den Bau der Parotis in wenigen Worten erledigen. Sie ist eine rein seröse Drüse, deren Elemente genau denselben Bau zeigen, wie die serösen Abschnitte der Submaxillaris (Fig. 157 u. 158). Der Ductus parotideus besitzt das gleiche zweireihige Epithel, wie der Ductus submaxillaris, die Speichelröhren zeigen Stäbchenstruktur, vielleicht nicht ganz so ausgeprägt, wie in der Submaxillaris, die Schaltstücke sind relativ lang, das sezernierende Epithel der Alveolen ist reichlich mit Sekretkapillaren versorgt.

Fig. 157.

Aus einem Schnitt durch eine Parotis des Hundes.

Es sind einige Läppchen zu sehen. Ca. 22mal vergrössert.

Die Sublingualis ist eine vorwiegend muköse Drüse von tubulös-alveolärem Bau und zwar ein Komplex von einer ganzen Zahl von Einzeldrüsen, die sich um eine grössere Drüse gruppieren. Der Ausführungsgang der letzteren, Ductus sublingualis major mündet zusammen mit dem Ductus submaxillaris, die Ausführgänge der ersteren, Ductus sublinguales minores, münden getrennt am Mundhöhlenboden. Die Ductus sublinguales gleichen in ihrem Bau dem Ductus submaxillaris. Die inter- und intralobulären Ausführungsgänge besitzen aber keine Stäbchenstruktur. Die Schaltstücke sind nur sehr kurz. An den Schleimtubuli sitzen die

Alveolen, die fast immer ebenfalls Schleimzellen enthalten, seltener sind seröse Alveolen. Seröse Zellen finden sich fast nur in Form Gianuzzi'scher Halbmonde (Fig. 159.)

Die Wangendrüsen und Lippendrüsen gleichen in ihrem Bau in allem wesentlichen der Gl. sublingualis, es sind Schleimdrüsen mit Halbmonden, die Gaumendrüsen und Zungendrüsen dagegen sind rein mukös, sie besitzen keine Halbmonde.

Unter den Zungendrüsen zeigen einen abweichenden Bau nur die von Ebner'schen Drüsen, sie sind, wie schon früher hervorgehoben, rein serös, und gehören dem verzweigt tubulösen Typus an (Maziarski). Die Ausführungsgänge sind mit einfachem Zylinderepithel ausgekleidet, das innerhalb der Drüse immer niedriger kubisch wird und in den Tubuli in die kegelförmigen serösen Zellen übergeht. Das Lumen der Tubuli ist sehr eng, Sekretkapillaren finden sich sehr zahlreich.

Fig. 158.

Aus einem Schnitt durch die Glandula parotis des Menschen.

Ca. 450mal vergrössert.

Die Arterien der Speicheldrüsen verzweigen sich innerhalb des interlobulären Bindegewebes vielfach, dringen dann in die Läppchen ein und umspinnen die Tubuli und Alveolen mit dichten, unter der Membrana propria gelegenen Kapillarnetzen, aus denen ganz ähnlich verlaufende Venen hervorgehen (Taf. XXIII, Fig. 172).

Die Lymphgefässe der Speicheldrüsen entwickeln sich aus Spalträumen, welche die Membrana propria der Tubuli und Alveolen umgeben und diese von den Kapillaren trennen (Gianuzzi). Es tritt also das zur Sekretion bestimmte Material zunächst aus den Blutkapillaren in die Lymphräume und von diesen erst zu den sezernierenden Zellen. In diesen Lymphspalten trifft man, besonders in der tätigen Drüse in reicher Fülle Wanderzellen und Mastzellen (Heidenhain, R. Krause). Die perialveolären und

peritubulären Lymphspalten kommunizieren miteinander und münden in die interlobulären Lymphkapillaren, welche wiederum mit den Lymphscheiden der interlobulären Blutgefässe in Verbindung stehen.

Die Nerven der Speicheldrüsen können wir ihrer Funktion nach in drei Gattungen teilen. Die Absonderungsnerven stammen aus dem Nervus intermedius für die Submaxillaris und Sublingualis und einen Teil der Zungendrüsen, aus dem Nervus glossopharyngeus für die Parotis, die Gaumendrüsen und Zungendrüsen. Die sen-

Fig. 159.

Aus einem Schnitt durch die Glandula sublingualis des Menschen.

Ca. 560 mal vergrössert.

siblen Nerven sind Zweige des Nervus trigeminus. Die Gefässnerven entstammen dem Halssympathicus und den Gefässgeflechten der grossen Arterien. Die sekretorischen Nerven umspinnen die Alveolen, ihre Zweige sollen die Membrana propria durchdringen um zwischen und an den Drüsenzellen zu endigen (Retzius, Fusari). Die sensiblen Nerven endigen wohl zumeist in dem interlobulären Bindegewebe, manchmal innerhalb besonderer Endkörperchen (W. Krause). Die sympathischen Fasern bilden um die Gefässe der Drüsen dichte Netze, sie stehen in Verbindung mit kleinen sympathischen Ganglien, welchen man im interlobulären Bindegewebe gar nicht selten begegnet. Physiologische Experimente

(Eckhard, R. Heidenhain) machen es sehr wahrscheinlich, dass auch diese sympathischen Fasern mit den Drüsenzellen in direkte Verbindung treten.

2. Die Schlundhöhle.

Die Schlundhöhle, Cavum pharyngis ist ein dem Verdauungs- und Atmungssystem gemeinsamer Hohlraum; sie dient zum Durchtritt der Speisen vom Mund zur Speiseröhre und zur Passage der Luft von der Nase zum Kehlkopf. Diese Zwitterstellung prägt sich auch in ihrer Epithelauskleidung aus. Von den Choanen her setzt sich das mehrreihige Flimmerepithel der Pars respiratoria der Nasenhöhle auf die gesamte Pars nasalis fort, während die Pars oralis und die Pars laryngea von dem geschichteten Epithel der Mundhöhle bedeckt sind. Das letztere erstreckt sich an der hinteren Wand fast bis zum Fornix, seitlich bis unterhalb der Tubenmündung.

Die Lamina propria ist überall gut entwickelt, trägt da, wo sie mit geschichtetem Plattenepithel bedeckt ist, Papillen und wird von adenoidem Gewebe reichlich durchsetzt. Es kommt hier zur Bildung zahlreicher zerstreuter Follikel und am Gewölbe zur Bildung einer zusammenhängenden ovalen Masse, der sog. Rachenmandel (Tonsilla pharyngea) und jederseits zwischen beiden Gaumenbögen zur Bildung der Gaumenmandeln (Tonsillae palatinae) (Fig. 151). Die letzteren entsprechen, was den Bau betrifft, genau den oben beschriebenen Zungenbalgdrüsen, mit dem Unterschiede, dass sie bedeutend grösser sind und ein Konglomerat von 10—20 Balgdrüsen darstellen. Die Höhlen innerhalb der einzelnen Bälge sind nur viel tiefer und gabeln sich mehrmals, sie stellen verästelte Taschen dar. Auch in der Umgebung der Gaumentonsille finden sich zahlreiche Schleimdrüsen. Der Bau der Rachenmandel unterscheidet sich nicht wesentlich von dem der Gaumenmandel. Die Furchen, 5—6 an der Zahl, sind in der Tiefe oft mit Flimmerepithel ausgekleidet. Es münden in dieselben die Ausführungsgänge der vorwiegend gemischten Drüsen.

An der unteren Grenze der Lamina propria bilden vorzüglich längs verlaufende elastische Fasern eine mächtige Lage (elastische Grenzschicht), besonders mächtig in der Pars laryngea. Beim Übergange in den Ösophagus verschwindet allmählich die elastische Grenzschicht, indem sie in die Muscularis mucosae übergeht. Die elastische Grenzschicht legt sich grösstenteils direkt der Innenseite

der Schlundkopfmuskeln an, sendet in die intermuskuläre Septen starke Züge seiner Fasern hinein, welche die angrenzenden Muskelbündel umspinnen (J. Schaffer).

Es fehlt also in dem grössten Teil des Schlundkopfes die Submucosa und die Körper der Schleimdrüsen sind zwischen den Muskelbündeln verteilt. Nur im laryngealen Teile hebt sich die elastische Grenzschicht von der Muskelschicht ab und hier können wir auch von einer Submucosa sprechen, in welcher die Drüsen liegen. Die Drüsen der Pars oralis und laryngea sind rein mukös, in der Pars nasalis dagegen zeigen sich vielfach Halbmondbildungen.

Die nach aussen liegende Muskelhaut des Schlundkopfes (Mm. constrictores pharyngis) besteht aus quergestreiften Muskelfasern.

3. Die Speiseröhre.

Die Schleimhaut der Speiseröhre besitzt ein geschichtetes Plattenepithel, das sich von dem der Mund- und Schlundhöhle nicht wesentlich unterscheidet (Fig. 160). Es ist beim Embryo ursprünglich ein zweischichtiges kubisches Epithel, dessen oberste Zellenlage später flimmert. Diese oberflächlichen Flimmerzellen werden ungefähr vom siebenten Schwangerschaftsmonat an durch Wucherung der basalen Zellschicht verdrängt und es resultiert nun ein geschichtetes Epithel (Neumann, Schaffer, Jahrmaerker). Beim Neugeborenen finden sich noch sehr häufig innerhalb des geschichteten Epithels Flimmerinseln. Beim Erwachsenen können sich im Anschluss an die gleich zu besprechenden kardialen Ösophagusdrüsen auch Inseln von einfachem Zylinderepithel finden.

Die Lamina propria des Ösophagus ist ein lockeres Bindegewebe; sie bildet Papillen, über welche das Epithel mit glatter Oberfläche hinwegzieht. Nach aussen wird sie von der Submucosa durch eine Schicht längsverlaufender, zu kleinen Bündeln angeordneter, glatter Muskelzellen getrennt. Es ist das die Muscularis mucosae, der wir hier zum erstenmal begegnen und die wir von nun an in der ganzen Länge des Magendarmrohrs wiederfinden. Innerhalb dieser Lamina propria finden sich sowohl im oberen, als auch im unteren Drittel der Speiseröhre Drüsen, deren Kenntnis wir vor allem J. Schaffer verdanken. Es sind das die kardialen Ösophagusdrüsen, von denen wir obere, in der Höhe des Ringknorpels und des 4.—5. Trachealknorpels und untere,

am Eingang zum Magen gelegene, unterscheiden. Diese Drüsen gleichen in ihrem Bau ganz den Kardiadrüsen des Magens, sie verästeln sich nur etwas reichlicher, so dass in dieser Beziehung auf das dort zu Besprechende verwiesen sei.

Die Submucosa der Speiseröhre ist ein faseriges Bindegewebe mit zahlreichen zu Netzen verbundenen elastischen Fasern. In ihr finden sich in wechselnder Menge Schleimdrüsen, alveo-

Fig. 160.
Stück eines Querschnittes der Speiseröhre des Hundes.
Ca. 25mal vergrössert.

lär-tubulöse Drüsen ohne Halbmonde, deren stark gewundene und oft vor dem Durchgange durch die Muscularis mucosae ampullenartig erweiterte Ausführungsgänge nicht selten mit Flimmerepithel ausgekleidet sind.

Die nach aussen von der Submucosa liegende Muscularis setzt sich zusammen in dem oberen Viertel der Speiseröhre vorwiegend aus quergestreiften Fasern, doch finden sich auch hier schon glatte Muskelzellen und zwar treten sie zuerst in der inneren Schicht auf. Je weiter wir nach unten vordringen, um so mehr werden die ersteren von den letzteren verdrängt, so dass wir im unteren Viertel fast ausschliesslich glatte Muskelzellen haben. Die glatte Muskulatur enthält in ihrer inneren Schicht vorwiegend

zirkulär oder spiralig, in der äusseren vorwiegend längsverlaufende Bündel.

Die äusserste Schicht der Wand des Ösophagus ist die aus derbem fibrillärem Bindegewebe bestehende Faserhaut (Tunica adventitia).

Die Blutgefässe bilden Netze innerhalb der Muscularis, Submucosa und Propria, die Lymphgefässe ein Netz innerhalb der Submucosa und eins innerhalb der Muscularis. Die abführenden Lymphgefässe gelangen teils zu den Lymphoglandulae mediastinales posteriores, teils zu den Lymphoglandulae cervicales profundae.

Die Nerven der Speiseröhre bilden einen ausgedehnten Plexus markloser und markhaltiger Fasern, der sich zwischen Ring- und Längsmuskelschicht ausbreitet und mit zahlreichen sympathischen Zellen besetzt ist. Aus ihm treten einmal motorische Fasern zu den Muskelzellen und endigen hier in typischen Endplatten, andererseits gehen Fasern zur Submucosa, um hier einen zweiten, ebenfalls mit sympathischen Zellen ausgestatteten Plexus zu bilden, aus dem Fasern für die Drüsen, Gefässe uud Muscularis mucosae hervorgehen. Zahlreiche Fasern treten endlich in die Papillen der Propria ein und endigen zwischen den Epithelzellen.

4. Der Magen.

Ganz ähnlich wie bei der Speiseröhre setzt sich auch die Magenwandung aus Schleimhaut, Submucosa und Muscularis zusammen, dazu kommt aber hier, und von nun an in allen übrigen Teilen des Magendarmkanals, noch eine äusserste Schicht, welche den peritonealen Überzug darstellt. Die Magenwand ist ausgezeichnet durch ihren enormen Reichtum an Drüsen, denen die Absonderung des Magensaftes zukommt, einer klaren, farblosen Flüssigkeit, die als Hauptbestandteile freie Salzsäure, Pepsin, Labenzyme und Lipase enthält. Das Pepsin löst geronnene Eiweisskörper, aber nur in saurer Lösung, die Labenzyme bewirken die Gerinnung der Milch und die Lipase vermag Fette zu spalten.

Die Magenschleimhaut hat in frischem Zustande eine graurötliche Farbe. Sie legt sich im leeren Magen in Längsfalten, welche wieder durch schräg verlaufende verbunden werden, so dass ein langausgezogenes Maschenwerk entsteht. Andere kleinere Falten, und auch kleine zottenförmige Erhebungen (Plicae villosae) findet man im Pylorusteil. Die gesamte Schleimhautoberfläche zeigt manch-

mal sehr deutlich, manchmal nur sehr undeutlich eine Felderung. Unregelmässig polygonale Felder von 2—4 mm grenzen sich durch seichte Furchen gegeneinander ab. Ist diese Erscheinung stark ausgeprägt, so sprechen wir von einem Status mamillaris (État mamelonné), er soll das Resultat einer ungleichmässigen Verteilung und Entwickelung der Magendrüsen sein. Innerhalb der einzelnen Felder erscheinen schliesslich zahlreiche, schon mit blossem Auge sichtbare Vertiefungen, die Magengrübchen (Foveolae gastricae), sie sind im Pylorusteil etwas weiter als im Fundusteil, in ihren Grund münden die Magendrüsen. Die Magenschleimhaut ist am dicksten, bis über 2 mm, im Pylorus und verdünnt sich nach der Kardia hin bis unter 0,5 mm. Die Magenschleimhaut besteht ähnlich wie im Ösophagus aus dem Epithel, der Lamina propria und Muscularis mucosae.

Das Epithel der Magenschleimhaut wird repräsentiert durch eine einfache Lage zylindrischer Zellen, die 4—8 mal so hoch als breit sind. Es schliesst sich beim Übergang der Speiseröhre in die Kardia ganz unvermittelt an das höhere, geschichtete Plattenepithel der ersteren an, überzieht die gesamte Schleimhautoberfläche und senkt sich dabei bis in die Tiefe der Magengrübchen hinein. Die Zellen sind an der Basis meist nur wenig dünner, als an der freien Fläche, sie lassen in gut konservierten Präparaten zwei Zonen erkennen, eine basale, körnige, protoplasmatische, welche den Kern enthält und eine periphere helle, mit dicken Schleimkörnchen angefüllte, die je näher der Oberfläche, um so mehr verflüssigt erscheinen. Die Verschleimung der Zellen überschreitet niemals das basale Drittel, so dass der Kern immer von einer beträchtlichen Menge unveränderten Protoplasmas umgeben ist. Je tiefer man in die Magengrübchen eindringt, um so umfangreicher wird diese protoplasmatische Zellzone (Fig. 162). An ihrer freien Fläche besitzen die Zellen keinen Cuticularsaum und zeigen deutliche Kittleisten zwischen sich.

Unter dem Epithel liegt die Lamina propria, ein feines, fibrilläres Bindegewebe, in welchem sich gar nicht selten retikuliertes Gewebe mit Lymphozyten findet, ja es kann sogar unter Umständen zur Follikelbildung kommen. Im kindlichen Magen finden sich Follikel häufiger, beim Erwachsenen sollen sie nach Faber immer als pathologische Vorkommnisse zu betrachten sein. Die Lamina propria wird gegen die Submucosa abgegrenzt durch die Muscularis mucosae, bestehend aus zwei bis drei Schichten glatter Muskelzellen, die sich, vielfach durchkreuzend, im allge-

meinen parallel der Magenoberfläche verlaufen (Fig. 161). Innerhalb der Lamina propria liegen dann noch die Magendrüsen, deren wir drei Arten unterscheiden. Die Propria füllt sämtliche Zwischenräume zwischen diesen Drüsen aus. In ihr verlaufen auch zahlreiche Muskelzellen, die aus der Muscularis mucosae abzweigen und in senkrechtem Verlauf die Schleimhaut durchsetzen.

Fig. 161.

Durchschnitt durch die Magenwand des Menschen (Pylorusregion).

Ca. 14 mal vergrössert.

Die Magendrüsen bilden ein kontinuierliches Drüsenlager innerhalb der Magenschleimhaut, dessen Mächtigkeit vom Pylorus zur Kardia zunimmt. Die Dickenzunahme, welche die Magenschleimhaut von der Kardia nach dem Pylorus zu erfährt, kommt also nicht auf Rechnung der Magendrüsen, sondern auf die der Magengrübchen. Die letzteren sind im Pylorusteil sehr tief, im Fundusteil dagegen viel seichter, die Magendrüsen verlaufen dort geschlängelt, bilden eine verhältnismässig dünne Schicht und

werden durch grössere Bindegewebsmengen getrennt, im Fundus dagegen liegen sie fast parallel neben einander in gestrecktem Verlauf, bilden so eine viel dickere Schicht und werden durch viel weniger Bindegewebe von einander getrennt. Bieten Fundus- und Pylorusteil schon auf diese Weise sehr charakteristische Unterschiede, so kommt noch als wichtigstes Unterscheidungsmerkmal hinzu, dass die Pylorusdrüsen nur aus Zellen einer Art bestehen, während die Fundusdrüsen zwei ganz verschiedene Sorten von Zellen enthalten. Wir wollen nun diese Unterschiede etwas näher ins Auge fassen.

Die Fundusdrüsen, Labdrüsen, Pepsindrüsen, Glandulae gastricae propriae sind verästelte tubulöse Drüsen von 0,3—1,5 mm Länge (Fig. 162 u. 163). Sie münden immer zu mehreren in der Tiefe eines Magengrübchens. Die Drüse beginnt mit einem etwas verschmälerten Halsteil und teilt sich gewöhnlich in mehrere Äste, die dicht nebeneinander in gestrecktem Verlauf zur Muscularis mucosae ziehen und dort meist mit etwas umgebogenem und verdicktem Grunde endigen. Das Lumen der Drüse ist nur sehr eng, im Grunde unerheblich erweitert. Die Drüse ist umgeben von einer strukturlosen Membrana propria, welcher sternförmige Zellen aufliegen; ihr Lumen wird ausgekleidet von relativ kleinen, kubischen, konischen oder auch niedrigzylindrischen Zellen, deren Leib von zahlreichen ziemlich groben Körnchen durchsetzt ist. Im frischen Zustande sehen sie hell aus, ihr Zelleib färbt sich nur schwer. Der Kern liegt an der Zellbasis, ist klein, häufig abgeplattet.

Wir bezeichnen diese Zellen mit R. Heidenhain als die Hauptzellen der Fundusdrüsen oder mit Rollett als adelomorphe Zellen. Sie sind im Hungerzustand grösser als während der Verdauung. Diese Zellen sondern, wie R. Heidenhain und Langley nachgewiesen haben, das Pepsin ab, das in Form jener groben Körnchen (Pepsinogengranula) in ihnen enthalten ist. Ausserdem wird von ihnen ebenso, wie von den Zellen der Pylorusdrüsen, das Labenzym abgesondert.

Ausser diesen Hauptzellen enthalten die Fundusdrüsen nun noch eine zweite Zellart, die R. Heidenhain nach ihrer eigentümlichen Lage als Belegzellen bezeichnet hat (delomorphe Zellen von Rollett). Sie finden sich in der ganzen Länge des Drüsenschlauchs in verschiedener Menge. Am dichtesten liegen sie im Drüsenhals, hier an Zahl die Hauptzellen oft übertreffend, im Drüsenkörper sind sie spärlicher und im Drüsengrund oft gar nicht vorhanden. Während sie im Drüsenhals sich zwischen die

Hauptzellen eindrängen und das Drüsenlumen erreichen, liegen sie im Körper und Grunde oberflächlich dem Schlauche auf, hier sind sie wahre Belegzellen und erreichen das zentrale Drüsenlumen nicht mehr. Sie wölben dabei die Membrana propria nach aussen buckelförmig vor (Fig. 163). Die Belegzellen sind durchschnittlich grösser als die Hauptzellen, aber im Hungerzustand kleiner, als nach Fütterung. Sie sind von kugeliger, ovoider oder birnförmiger Gestalt und besitzen einen oder zwei kugelige Kerne. Frisch untersucht, zeigen sie eine sehr feine Granulierung und sehen heller aus als die Hauptzellen. Im gefärbten Präparat treten sie dagegen durch ihre starke Affinität für saure und neutrale Farbstoffe hervor. Neuere Untersuchungen (E. Müller) haben gezeigt, dass jede Belegzelle durchsetzt ist von einem korbartig angeordneten System wandungsloser Röhrchen, die entweder direkt ins zentrale Drüsenlumen münden oder aber, nämlich dann, wenn die Zelle das Lumen nicht erreicht, durch einen zwischen den Hauptzellen hindurchlaufenden Kanal mit jenem in Verbindung stehen (Fig. 164 u. 165). Über die Funktion der Belegzellen sind ganz sichere Tatsachen noch nicht vorgebracht, doch spricht die in neuester Zeit festgestellte Tatsache, dass das Pylorussekret immer alkalisch reagiert, dafür, dass wir es in den Belegzellen mit den Bildungsstätten der Salzsäure zu tun haben.

Belegzelle

Tunica propria

Hauptzellen

Fig. 163.
Quergeschnittene Drüsen aus dem Fundus der Maus.
Ca. 300mal vergrössert.

Die Pylorusdrüsen, Glandulae pyloricae sind alveolärtubulöse Drüsen, einfache oder verzweigte Schläuche, deren Endabschnitte sack- oder bläschenförmige Ausbuchtungen besitzen (Peiser) (Fig. 166). Sie verlaufen stärker geschlängelt als die Fundusdrüsen, sind durch mehr Bindegewebe der Propria voneinander getrennt und enthalten nur eine Art von Zellen, welche im grossen und ganzen die Eigenschaften der Hauptzellen der Fundusdrüsen zeigen und deshalb meist mit ihnen identifiziert werden. Sie unterscheiden sich von jenen durch die viel feinere Granulierung (R. Heidenhain). Den Pylorusdrüsen kommt, gemeinsam mit den Haupt-

zellen der Fundusdrüsen die Absonderung des Pepsins und des Labenzyms zu.

Die dritte Form von Drüsen, welcher wir schliesslich noch zu erwähnen hätten, sind die Kardiadrüsen, die sich, wie wir sahen, auch in der Speiseröhre finden und sich im Magen auf eine ganz schmale Zone am Mageneingang beschränken. Es sind das verästelte tubulöse Drüsen, welche von einem zylindrischen Epithel (ähnlich den Pylorusdrüsen) ausgekleidet, in selteneren Fällen aber auch mit Belegzellen ausgestattet sind.

Was die Verbreitung der Magendrüsen anlangt, so finden sich die Pylorusdrüsen ausschliesslich im Pylorus und seiner nächsten Nachbarschaft, während die ganze übrige Magenschleimhaut, mit Ausnahme jener 5 mm breiten Zone von Kardiadrüsen, von den Fundusdrüsen eingenommen wird. An den Grenzen des Pylorusteils gegen das Corpus finden sich beide Drüsenarten nebeneinander.

Die Muscularis mucosae besteht aus glatten Muskelzellen. Sie lagern sich meist in zwei oder drei parallel zur Oberfläche ausgebreiteten Schichten. Von ihnen zweigen sich unter rechtem Winkel einzelne Züge von Muskelzellen ab und dringen zwischen die Drüsen ein.

Fig. 164. Fig. 165.

Fig. 164. Längsschnitt einer Fundusdrüse der Maus.

Golgi-Imprägnation. Ca. 125 mal vergrössert.

Fig. 165. Aus einer Fundusdrüse der Maus.

In das Drüsenlumen münden Korbkapillaren, welche drei Belegzellen umfassen. Ca. 600 mal vergrössert.

Die Submucosa des Magens ist ein lockeres Bindegewebe, welches nicht selten von Fettzellen durchsetzt ist. Diese Schicht ist im Magen vollkommen drüsenfrei.

Die Muscularis (externa) des Magens ist im Pylorus am mächtigsten entwickelt, bis 4 mm dick, im Fundus am dünnsten. Sie besteht aus glatten Muskelzellen, hauptsächlich in drei Schichten angeordnet. Die äusserste Schicht enthält als Fortsetzung der

Schlundlängsmuskeln vorwiegend längsverlaufende Zellen. Die mittlere Schicht besteht aus zirkulär verlaufenden Zellen; die Zellen der innersten Schicht bilden eine Schlinge um die Kardia herum, umfassen den Fundus und verlieren sich nach dem Corpus und Pylorus zu. Diese Schichten sind jedoch an den einzelnen Abschnitten des Magens ungleich entwickelt: die Längsmuskeln, am stärksten an den Kurvaturen, können auf der Vorder- und Hinterfläche des Corpus ganz fehlen, so dass hier die Ringmuskeln zu äusserst liegen. Die letzteren sind im Pylorus am stärksten entwickelt und bilden hier den Sphincter pylori.

Nach aussen folgt die Tunica serosa, deren Bau bei der Besprechung des Peritoneums erläutert werden soll.

Die Blutgefässe durchdringen, von den subperitoneal gelegenen gröberen Stämmen abzweigend, in fast senkrechtem Verlauf die Muscularis und zerfallen innerhalb der Submucosa in einen weitmaschigen Plexus, von dem aus einmal die Zweige rückläufig die Muskulatur versorgen, dann aber durchsetzen zahlreiche Zweige die Muscularis mucosae und bilden ein dichtes Kapillarnetz um die Drüsen herum. Die Lymphgefässe bilden ebenfalls zunächst ein submuköses Netz, in welches die Schleimhautgefässe münden. Die letzteren beginnen mit blinden, meist etwas erweiterten Enden dicht unter dem Oberflächenepithel. Ein zweites, weitmaschiges Lymphgefässnetz liegt innerhalb der Serosa, es sammelt einmal die Lymphgefässe der Muscularis und nimmt ferner die abführenden Gefässe des submukösen Netzes auf.

Die Nerven des Magens bilden zwei Plexus, einen Plexus intramuscularis und einen Plexus submucosus, deren Verhalten dem des Darmplexus ausserordentlich ähnlich ist und dort näher besprochen werden soll.

5. Der Darm.

Die Schleimhaut zeigt eine grosse Anzahl primärer und sekundärer Erhebungen in Form der Kerkring'schen Falten, Plicae circulares Kerkringi und der Zotten, Villi intestinales, welche nichts anderes als eine enorme Vergrösserung der freien, resorbierenden Oberfläche bedeuten. Die Kerkring'schen Falten verlaufen zirkulär, umkreisen aber nicht das gesamte Lumen, sondern erheben sich seicht, nehmen allmählich an Höhe zu und verstreichen ebenso. Ihr Vorkommen ist auf den Dünndarm beschränkt, sie beginnen erst in den obersten Abschnitten der Pars descendens

duodeni, die Pars superior enthält keine Falten, errreichen ihre grösste Mächtigkeit in dem oberen Abschnitte des Jejunum und werden dann immer seichter, bis sie in den unteren Abschnitten des Ileum ganz verschwinden. Im ganzen zählt man ca. 800—900 Kerkring'sche Falten. Die Zotten sind kleine, fingerförmige Bildungen, welche sich in der Länge von 0,2—1 mm von der gesamten inneren Oberfläche der Dünndarmschleimhaut erheben. Sie stehen ausserordentlich dicht, nach Sappey kommen ungefähr 1000 auf den Quadratzentimeter. Ihre Form ist nicht überall gleich, im Duodenum sind sie blattförmig, im Jejunoileum mehr zylindrisch mit kolbig verdicktem freien Ende.

Die Darmwand birgt eine grosse Anzahl von Drüsen, von denen wir zwei Arten unterscheiden. Die Brunner'schen Drüsen liegen innerhalb der Submucosa und finden sich ausschliesslich im Duodenum, in dessen Pars superior und descendens sie eine kontinuierliche submuköse Drüsenschicht bilden. In der Pars inferior verschwinden sie mehr und mehr. Die Lieberkühn'schen Drüsen liegen dagegen in der Lamina propria der Schleimhaut und bilden ein dichtes Drüsenstratum, welches sich vom Pylorus durch Duodenum, Jejunum, Ileum, Kolon und Rektum bis zum After erstreckt.

Das Sekret dieser Drüsen und der Epithelzellen des Darms, der Darmsaft ist im Dünndarm eine fast farblose, dünne Flüssigkeit von alkalischer Reaktion mit nur ca. 1 % festen Bestandteilen. Er enthält von wirksamen Bestandteilen vor allem das Erepsin und die Enterokinase. Das Erepsin wird aller Wahrscheinlichkeit nach in den Lieberkühn'schen Drüsen abgesondert. Es vermag Kasein und Fibrin zu verdauen und Albumosen und Peptone zu spalten. Die Enterokinase soll in den Zottenepithelien entstehen, sie besitzt die wichtige Fähigheit, das Trypsin zu aktivieren (Pawlow). Die Brunner'schen Drüsen sondern ein dem Pepsin ähnliches Enzym ab. Der Darmsaft vermag in geringem Grade Rohrzucker zu invertieren, Maltose und Milchzucker (Röhmann) zu spalten. Die dies bewirkenden Enzyme, die Invertase, Maltase und Laktase werden wahrscheinlich auch in den Lieberkühn'schen Drüsen abgesondert, vielleicht spielen aber auch die Leukozyten bei ihrer Bildung eine bedeutsame Rolle.

Das Epithel der Darmschleimhaut ist ein einschichtiges Zylinderepithel, es überkleidet alle Falten und Zotten und senkt sich in die Lieberkühn'schen Drüsen ein (Fig. 167, 168, 169, 170 u. 154). Zwischen den Zylinderzellen des Darmepithels finden

sich in grosser Zahl Becherzellen. Die Zylinderzellen haben im menschlichen Darm eine durchschnittliche Höhe von 22 μ, eine Breite von 4—5 μ. Sie sitzen mit ihrer oft etwas verjüngten Basis auf einer homogenen, strukturlosen Basalmembran auf. Der Zellkörper zeigt, am deutlichsten im Amphibiendarm oft eine exquisite Längsstreifung. Es handelt sich hier um faserige Differenzierungen, die nach M. Heidenhain einer Zerrung in der Längsrichtung entgegen wirken sollen, wenn die Zellen seitlich komprimiert werden. Dicht unter der freien Oberfläche findet sich ein doppelter Zentralkörper (Zimmermann). Das merkwürdigste an den Zellen aber ist, dass sie auf ihrer freien Oberfläche einen Cuticularsaum tragen (Henle), der eine mehr oder weniger deutliche Streifung besitzt (Taf. XVII, Fig. 154). Nach den grundlegenden Forschungen von R. Heidenhain besteht der Saum aus Stäbchen und einer homogenen Zwischensubstanz; die letztere kann fehlen, so dass dann isolierte Stäbchen aus der Zelloberfläche ragen. Die Stäbchen sind Fortsätze des Zellprotoplasmas, die von der Zelle ausgestreckt und eingezogen werden können. Sie besitzen an ihrer Basis knötchenartige Anschwellungen. Der Kern der Zylinderzellen ist länglich, ovoid, er liegt im basalen Drittel der Zelle.

Die einzelnen Zylinderzellen lassen zwischen sich feine, spaltenförmige Interzellularräume, die gegen das Darmlumen hin durch Kittleisten verschlossen werden (M. Heidenhain). Benachbarte Zellen sind durch quere Protoplasmabrücken miteinander verbunden, welche die Interzellularräume durchsetzen (R. Heidenhain).

Zwischen den Zylinderzellen finden sich im Epithel der Darmschleimhaut zahlreiche Becherzellen (Henle, F. E. Schulze) und zwar in allen Abteilungen des Darmrohrs und sowohl auf den Zotten und Falten als in der Tiefe der Lieberkühn'schen Drüsen. Ihre Zahl ist im Dickdarm und Mastdarm vielleicht noch grösser als im Dünndarm. Wo die Becherzellen liegen, ist der Stäbchensaum nicht vorhanden. Über die Details ihres Baues vergleiche man das im allgemeinen Teil Gesagte.

Die Aufgabe des Darmepithels ist eine doppelte, es sezerniert und resorbiert. Über die Sekretion haben wir schon oben gehandelt. Die Resorptionsfähigkeit der Epithelzellen ist für die verschiedenen zu resorbierenden Substanzen in den einzelnen Abschnitten des Darmrohrs eine verschiedene. Wasser wird wohl im Dickdarm rascher resorbiert als im Dünndarm, von Eiweiss und Zucker kann man dagegen das umgekehrte behaupten und Fett

wird im Dickdarm wohl überhaupt nicht resorbiert (Czapliński und Szymonowicz). Das Eiweiss resp. die Endprodukte seiner Verdauung werden durch die Pfortadergefässe aus dem Darm abgeführt; auf welchem Wege es zu diesen gelangt, ist nicht näher erforscht, nach Hofmeister spielen hierbei die Leukozyten eine

Fig. 170.

Längsschnitt durch eine Zottenspitze aus dem Dünndarm der Katze.

Ca. 450 mal vergrössert.

grosse Rolle. Das gleiche gilt auch von den Kohlehydraten, sie erscheinen in der Pfortader und nur in ganz extremen Fällen in den Chylusgefässen. Besser orientiert sind wir über den Weg des Fettes, das ja mikrochemisch leicht nachzuweisen ist. Die Resorption desselben erfolgt durch die Epithelzellen hindurch in Form der freien Fettsäuren, die aber bereits innerhalb der ersteren wieder zu Neutralfetten synthetisiert werden. Das Fett, welches durch den Cuticularsaum in die Zellen gelangte, schiebt sich weiter in Form

kleiner Kügelchen in die Interzellularräume, durchzieht sodann die Basalmembran und gelangt schliesslich in die Lymphräume des Zottenparenchyms und sodann in das zentrale Chylusgefäss (Czapliński und Rosner, R. Heidenhain).

Die Tunica propria des Darmes besteht zum weitaus überwiegenden Teil aus retikuliertem Gewebe, es bildet die Grundlage der Darmfalten und -zotten. Die, wie immer, sternförmigen, verästelten Zellen dieses Gewebes verbinden sich durch ihre Ausläufer miteinander und bilden so ein weitmaschiges Netz, in dessen Maschen man immer zahlreiche Wanderzellen und Phagozyten antrifft. An der Basalmembran des Epithels verdichtet sich das retikulierte Gewebe zu einer dichteren, streifigen, kernhaltigen Lage. Wir hätten also an einer Darmzotte (Fig. 170) von aussen nach innen zunächst das überkleidende Zylinderepithel, dann die Basalmembran und schliesslich den aus retikuliertem Gewebe bestehenden Zottenkörper zu unterscheiden. In dem letzteren finden wir dann neben den später zu besprechenden Blut- und Lymphgefässen auch noch muskulöse Elemente. Es sind das schmale Züge glatter Muskelzellen, welche sich aus der Muscularis mucosae loslösen, in die Zottenkörper eintreten und in ihnen bis zur Basalmembran aufsteigen. Dabei verbinden sich benachbarte Bündel durch Seitenzweige und bilden ein muskulöses Netzwerk im Zottenkörper. Eine Kontraktion der Zellen wird natürlich ein Kürzerwerden der Zotte bedingen.

Innerhalb der Lamina propria liegen die Lieberkühn'schen Drüsen, Glandulae intestinales, Darmkrypten (Fig. 168). Es sind das einfache tubulöse, seltener gegabelte Drüsen, die im Dünndarm 0,1—0,3 mm, im Dickdarm 0,4—0,6 mm lang sind. Sie liegen sehr dicht, werden nur durch geringe Mengen von retikuliertem Gewebe der Propria getrennt und sind ausgekleidet mit zylindrischen Epithelzellen, welche sich nur unwesentlich von dem die Zotten bedeckenden Epithel unterscheiden. Sie sind etwas niedriger und der Cuticularsaum ist weniger stark entwickelt, als dort. Im Drüsengrund finden sich noch besondere, starkkörnige Zellen, die man gewöhnlich nach ihrem Entdecker als Paneth'sche Zellen bezeichnet. Wir müssen in denselben besondere Drüsenzellen sehen, deren Funktion allerdings noch nicht ganz aufgeklärt ist. Man hat andererseits dieselben als unentwickelte Schleimzellen (Ranvier und Bizzozero) angesehen. In den Lieberkühn'schen Drüsen findet man nämlich fast immer zahlreiche Kernteilungen, vor allem in der Tiefe der Drüsen. Die Zellen, die hier neuge-

bildet werden, dienen wahrscheinlich zum Teil zum Ersatz für Zottenepithelien, vor allem für Becherzellen, die bei der Sekretion zugrunde gehen.

Die Lamina propria grenzt sich gegen die Submucosa im Darm, wie im Magen durch eine *Muscularis mucosae* ab, die aus einer inneren zirkulären und einer äusseren longitudinalen Schicht glatter Muskelzellen besteht. Die Muscularis mucosae zieht nahe den unteren Enden der *Lieberkühn*'schen Drüsen vorbei

Fig. 171.

Querschnitt gehäufter Knötchen des Dünndarms der Katze.

Nicht alle Knötchen sind in ihrer grössten Länge getroffen. Ca. 25 mal vergrössert.

und sendet einzelne Bündel zwischen diesen Drüsen in die Höhe, ausserdem treten von ihr, wie oben ausgeführt, Muskelbündel in die Zottenkörper (*Brücke*).

In der Lamina propria finden sich nun in den verschiedenen Teilen des Darmrohrs in verschiedener Mächtigkeit *Lymphfollikel*. Einzelne Follikel, *Solitärfollikel* finden sich im ganzen Darmrohr zerstreut in Form kleiner, hirsekorngrosser Knötchen, die unter Verdrängung der *Lieberkühn*'schen Drüsen die ganze Dicke der Propria einnehmen (Fig. 171). Sie können aber

in allen Dimensionen beträchtlich grösser werden und einerseits in die Submucosa, ja in die Muscularis vorspringen, andererseits die Schleimhaut ins Darmlumen vorwölben. Die Kuppe des Follikels ist dann mit einfachem Darmepithel überzogen, um sie herum ragen die Zotten vor. Ausserdem findet sich aber auch das lymphoide Gewebe an bestimmten Stellen noch in grösserer Ausdehnung in Form der Peyer'schen Plaques, Peyer'schen Haufen, Noduli lymphatici aggregati. Sie treten erst im unteren Abschnitt des Jejunum auf und finden sich meist in der Zahl von 20 durch das ganze Ileum herab. Selten trifft man sie im Dickdarm. Sie stellen ovale Platten dar, deren Dimensionen ausserordentlich grossen Schwankungen unterliegen, von 8 × 6 mm bis 300 × 20 mm. Ihrem Bau nach sind sie weiter nichts als Haufen dichtstehender Einzelfollikel, von 5—100, gewöhnlich jedoch nur 20—30 an Zahl. Die grösste Ausdehnung erreicht aber das lymphoide Gewebe im Processus vermiformis, dessen Lamina propria vollständig mit Lymphozyten infiltriert erscheint und ausserdem noch zahlreiche Solitärfollikel enthält, so dass die eigentlichen drüsigen Elemente völlig in den Hintergrund treten.

Die Submucosa des Darms ist ein fibrilläres Bindegewebe, sie ist im oberen Teil des Duodenums am dicksten und enthält hier die Brunner'schen Drüsen (Fig. 167 u. 169). Auch der Processus vermiformis hat eine recht dicke Submucosa. Die Brunner'schen Drüsen sind alveo-tubuläre Drüsen, deren Ausführungsgänge zwischen den Lieberkühn'schen Drüsen hindurch die Darmoberfläche erreichen. Sie haben eine ausserordentlich grosse Ähnlichkeit mit den Pylorusdrüsen des Magens und werden von vielen Autoren direkt mit jenen identifiziert. Sie sondern ein seröses Sekret ab, nicht wie vielfach behauptet wurde, Schleim.

Die Muscularis des Darms ist am dicksten im Mastdarm, über 2 mm, im Duodenum dicker als im Jejunoileum. Sie besteht überall aus zwei Lagen einer inneren, stärkeren, zirkulären und einer äusseren, schwächeren, longitudinalen (Fig. 167). Die letztere ist an manchen Stellen mangelhaft ausgebildet, so z. B. an der Ansatzstelle des Mesenteriums. Am unvollständigsten ist sie am Dickdarm entwickelt und bildet hier drei bandartige dickere Streifen, die Tänien, welche die Einschnürungen der Haustren überbrücken. Zwischen den Tänien besteht die Muscularis des Dickdarms nur aus zirkulären Fasern mit einer sehr unvollständigen Auflage von longitudinalen Fasern. Am Beginn des Afters endet die glatte Muskulatur in einem dicken Ringwulst, dem Sphincter ani inter-

nus, jenseits desselben werden der Sphincter ani externus und Levator ani wieder von quergestreiften Fasern gebildet.

Die Blutgefässe des Darmes treten zwischen den beiden Blättern des Mesenteriums in die Serosa der Darmwand, durchdringen unter Abgabe von zahlreichen Seitenzweigen die Muscularis und gelangen in die Submucosa, wo sie ein weitmaschiges, flächenhaft ausgebreitetes Netzwerk bilden (Fig. 173), von dem aufsteigende Zweige die Muscularis mucosae durchsetzen und ein zweites Netz am Grunde der Lieberkühn'schen Drüsen innerhalb der Propria bilden. Von ihm gehen die feinsten Stämmchen aus, welche die Drüsen mit dichten Kapillarnetzen umspinnen, bis unter die Basalmembram des Oberflächenepithels gelangen und die Drüsenmündungen kranzartig umgeben. Für die Zotten zweigt sich ein Teil der arteriellen Endästchen von dem Proprianetz ab, und verläuft, ohne unterwegs in Kapillaren zu zerfallen, zwischen den Drüsen aufwärts. So bis zur Basis der Zotte angelangt, treten gewöhnlich mehrere (1, 2 oder 3) kleine Arterien in die letztere ein und zerfallen entweder gleich unten, oder erst höher in der Zotte in ein engmaschiges Kapillarnetz, das den gesamten Zottenkörper umspinnt und dicht unter der Basalmembran gelagert ist. Aus diesem Kapillarnetz sammelt sich das Blut meist nur in einer Vene, die das Blut einer jeden Zotte zum Venenplexus der Propria führt. Von hier aus verlaufen die Venen gewöhnlich parallel zu den Arterienstämmchen, bilden noch einmal ein der Fläche nach ausgebreitetes Netz in der Submucosa und verlassen die Darmwand. Von dem Propriagefässnetz stammen auch die Blutgefässe der einfachen Follikel und Peyer'schen Plaques. Beide sind reichlich. mit Gefässen versorgt, sie bilden einmal um die Follikel dichte Netze und dringen mit feinen Zweigen in die Follikelsubstanz selbst ein, nur die Mitte bleibt gewöhnlich gefässlos.

Die Lymphgefässe des Darmes, hier als Chylusgefässe bezeichnet, haben ihren Ursprung im Dünndarm in den Zotten, im Dickdarm wahrscheinlich zwischen den Lieberkühn'schen Drüsen. In jeder Zotte findet sich inmitten des Zottenkörpers ein, in grossen Zotten auch zwei bis drei längsverlaufende Kanäle, deren Wand aus einem einschichtigen Plattenepithel besteht, das durch Aneinanderlagerung der Retikulumzellen des Zottenkörpers entstanden ist. Wir bezeichnen diesen Kanal als den zentralen Chylusraum der Zotte. Er ist nach der Zottenspitze zumeist etwas kolbig verdickt, in der Zottenbasis verjüngt er sich, spaltet sich und geht über in ein Chylusgefässnetz, das Unterzotten-

geflecht. Aus ihm dringen gerade zwischen den Lieberkühn'schen Drüsen verlaufende Stämmchen zur Submucosa und bilden hier den submukösen Plexus, aus dem die abführenden Gefässe die Muscularis durchsetzen und zwischen den beiden Serosablättern ins Mesenterium gelangen. Die Lymphgefässe der Muscularis sammeln sich in einem zwischen Längs- und Ringmuskelschicht gelegenen Plexus, aus dem abführende Gefässe in die aus der Submucosa herabsteigenden Chylusgefässe münden. Die Chylusgefässe des Darmes besitzen Klappen, die zuerst in den Ästen des submukösen Plexus auftreten. Um die Follikel herum bilden die Chylusgefässe dichte Netze, die Teichmann'schen Netze, in die Follikel selbst dringen sie nicht ein.

Die Nerven des Darms, die aus den Plexus mesenterici, coeliacus, hypogastricus, haemorrhoidales und aorticus stammen, treten in Begleitung der Gefässe zur Darmwand und bilden innerhalb der letzteren zwei ausgedehnte, reich mit Ganglien besetzte Plexus, von denen der äussere, Plexus myentericus (Auerbach) zwischen Längs- und Ringmuskeln, der innere Plexus submucosus (Meissner) innerhalb der Submucosa gelegen ist und welche beide durch zahlreiche Fasern miteinander in Verbindung stehen. In den Knotenpunkten dieser Plexus liegen Nervenzellen, es sind das typische sympathische Zellen mit mehreren Dendriten und einem Neuriten. Die ersteren bilden an der Peripherie eines jeden Ganglions ein dichtes Geflecht, die letzteren treten aus den Ganglien heraus, verbinden die einzelnen Ganglien und endigen an den glatten Muskelzellen. Es treten ferner an die Zellen des Plexus Fasern heran, welche von zerebrospinalen Nerven stammen und motorischer Natur sind, sie umgeben die sympathischen Zellen mit perizellulären Geflechten (Dogiel). Im Plexus submucosus sind die Maschen enger und die Zellen kleiner als im Plexus myentericus. Aus ersterem gehen Faserbündel zu den Drüsen, den Schleimhautgefässen und zum Epithel.

6. Die Leber.

Die Leber (Hepar) ist eine tubulöse zusammengesetzte Drüse, deren Tubuli bei höheren Wirbeltieren durch Anastomosen verbunden sind, sie kann deshalb als eine tubulöse netzartige Drüse bezeichnet werden.

Die Leber der Säugetiere und des Menschen hat die charakteristische Eigentümlichkeit, dass sie aus sog. Leberläppchen

(Lobuli hepatici) besteht. Die letzteren grenzen dicht aneinander und haben gewöhnlich zwischen sich nur geringe Mengen von interlobulärem Bindegewebe. Dieser lobuläre Bau tritt vor allem bei jenen Tieren deutlich auf, bei welchen das Bindegewebe stark entwickelt ist (z. B. Schwein) und markiert sich durch die polygonalen Felder, welche an der Oberfläche der Leber oder am Durchschnitt hervortreten. Diese Leberläppchen erscheinen eigentlich als oben abgerundete, unten abgestutzte, vielseitige Prismen. Jedes Läppchen besteht vor allem aus Leberzellen und Blutgefässen.

Beide sind radiär angeordnet, wovon uns am besten ein Querschnitt des Läppchens überzeugt. An einem solchen sehen wir, wie Gefässkapillaren die peripher liegenden Venen mit einer zentralen Vene verbinden, indem sie unterwegs oft anastomosieren und sich gegenseitig zu einem längsmaschigen Netz verbinden. Die Maschen, welche dieses Kapillarnetz frei lässt, sind ausgefüllt von Leberzellen, welche sich zu länglichen Bälkchen anordnen. Die letzteren anastomosieren auch untereinander, so dass sie ihrerseits ein Netzwerk bilden, das in dem Kapillarnetz steckt. Jeder Leberzellbalken stellt eigentlich einen Tubulus dar, der aber nicht wie bei den meisten anderen Drüsen auf dem Querschnitt aus mehreren radiär um das Lumen gestellten Zellen besteht, sondern gewöhnlich nur aus zwei Zellen, die an ihrer Berührungsfläche ein drehrundes Kanallumen umgeben: die Gallenkapillare. Dieselbe verläuft im Zickzack und bildet infolge der Anastomosen mit Nachbarkapillaren eine Art Netzwerk. An der Läppchenperipherie sammeln sich die Gallenkapillaren und münden in die kleinen interlobulären Gallengänge, die schliesslich dem Ductus hepaticus den Ursprung geben.

Die Funktion der Leber ist eine sehr verwickelte, in mancher Beziehung noch sehr wenig geklärte, so viel steht sicher fest, dass die Leber aus dem ihr von dem Darmkanal durch die Pfortader zugeführten resorbierten Zucker Glykogen bildet, ein der Stärke nahe verwandtes Kohlehydrat, das für den Stoffwechsel von der höchsten Bedeutung ist, sie speichert diesen Stoff in sich auf und gibt ihn zu gelegener Zeit an das Blut ab. Ob ausserdem die Leber auch Glykogen aus Eiweiss oder Fett oder beiden zusammen zu bilden vermag, ist eine viel umstrittene Frage. Ebenso strittig ist das Schicksal des Glykogens. Wird es direkt verbrannt (Pavy) oder wird es, bevor es von der Leberzelle ans Blut abgegeben wird, erst in Zucker verwandelt (Bernard)? Die Glykogenbildung ist keine spezifische Eigenschaft der Leberzellen, sondern sie kommt

mehr weniger allen Zellen zu, dagegen ist ein spezifisches Produkt der Leberzellen die *Galle*. Es ist das eine alkalische Flüssigkeit von wechselnder Farbe, gelb bis grün und wechselnder Konsistenz, bald dünnflüssig, bald mehr viskös. Sie enthält als wichtigste Bestandteile die *Gallensäuren*, gebunden an Alkali und die *Gallenfarbstoffe*, daneben Harnstoff, Lezithin, Nukleoalbumin, Mineralstoffe. Von diesen werden die Gallensäuren erst innerhalb der Leberzellen aus Eiweisskörpern gebildet, die Gallen-

Fig. 174.

Querschnitt eines Leberläppchens des Schweines.

der Mitte eine Vene centralis; das interlobuläre Bindegewebe umgrenzt das ganze Läppchen. 35mal vergrössert.

farbstoffe können dagegen auch in anderen Organen gebildet werden und zwar aus Blutfarbstoff. Die Hauptbedeutung der Galle liegt darin, dass sie die durch die Darmverdauung aus den Fetten abgespaltenen Fettsäuren in Lösung und dadurch zur Resorption bringt. Schliesslich kommt der Leber noch die Fähigkeit zu, Harnstoff zu bilden und schädliche Stoffe, die vom Darm aus resorbiert wurden, zurückzuhalten und allmählich in unschädlichen Mengen wieder abzugeben.

Wir wollen nun die einzelnen Bestandteile der Leber näher durchsprechen und mit dem Bindegewebe beginnen. Das *Binde-*

gewebe bildet um das ganze Organ herum eine Kapsel, die Capsula fibrosa oder Glisson'sche Kapsel. Sie dringt in der Leberpforte mit den Gefässen und Gallengängen in das Organ, begleitet schliesslich die feinsten interlobulären Äste und findet sich besonders an den Kanten der Leberläppchen, wo mehrere Läppchen zusammenstossen, um die hier gelegenen Gallengänge und Gefässe in geringer Menge herum. Niemals aber sondert das Bindegewebe beim Menschen die einzelnen Läppchen voneinander, wie das bei manchen Tieren, z. B. beim Schwein, der Fall ist, bei dem jedes Läppchen eine vollständige bindegewebige Umhüllung besitzt (Fig. 174). Man kann zwar auch an der menschlichen Leber schon makroskopisch eine Läppchenzeichnung wahrnehmen, dies beruht aber nur auf einem verschiedenen Blutgehalt der intralobulären Gefässe. Meist ist nämlich die Vena centralis noch blutgefüllt, während die peripheren Teile des Läppchens blutleer sind, so dass wir an jedem Läppchen ein dunkles Zentrum und eine helle Peripherie erhalten. Ausser jenem interlobulären Bindegewebe gibt es aber auch noch ein intralobuläres Bindegewebe, welches durch Versilberung, Vergoldung und Verdauung leicht darzustellen ist (Oppel, Miura, Mall). Einmal ziehen ziemlich grobe Fasern in radiärem Verlauf zwischen den Leberzellbalken von der Peripherie zum Zentrum des Läppchens und verbinden sich hier zu einer die Vena centralis umgebenden Faserscheide (Radiärfasern von Oppel), dann zweigen sich von ihnen zahllose feinste Fäserchen ab und umgeben die Blutkapillaren des Läppchens mit dichten Netzen.

Die Leberzelle ist meist von kugliger oder mehr polyedrischer Form und hat einen mittleren Durchmesser von 10—12 μ. Ihr Bau zeigt im Hungerzustand andere Verhältnisse, als nach reichlicher Fütterung. Im Hunger erscheinen die Leberzellen

Fig. 175.

Aus einem feinen Schnitte durch die Leber des Siredon.

a = Blutkapillare. Die feinen Gänge = längs- und querdurchschnittene Gallenkapillaren. Ca. 325 mal vergrössert.

frisch untersucht fein granuliert, während der Verdauung dagegen grob schollig. Die Schollen lösen sich bei Zusatz von Kochsalzlösung und es tritt nun in dem Zellkörper ein feinfädiges Protoplasmanetzwerk auf, welches sich an der Zellperipherie zu einer membranartigen Aussenschicht verdickt (Fig. 175). Die gelösten Schollen bestehen aus Glykogen. Ausser dem letzteren findet man im Körper der Leberzelle konstant noch Fetttröpfchen in wechselnder Menge. Die Leberzelle ist beim Menschen ausserordentlich häufig zweikernig, der eine der Kerne färbt sich gewöhnlich viel intensiver und enthält grössere Chromatinmassen, als der andere. Ob diese Kernverdoppelung durch direkte oder indirekte Kernteilung zustande kommt, ist noch nicht entschieden, jedenfalls findet man Mitosen in der Leber gar nicht selten.

Die Gallenkapillaren (Fig. 175 und 176) stellen die Sekretionsräume der Leberzellen dar, drehrunde, ca. 1—2 μ im Durchmesser haltende Kanälchen, die von den Leberzellen allseitig umgeben werden. Sie entstehen auf die Art, dass rinnenförmige Vertiefungen an den Flächen zweier nebeneinander liegenden Leberzellen sich zu dünnen Röhrchen verbinden. Ein ungefähres Bild kann man sich von ihnen machen, wenn man beide Fäuste mit stark eingeschlagenen Fingern gegeneinander legt, dann stellt jede Faust eine Leberzelle dar und zwischen beiden entsteht ein Kanal, die Gallenkapillare. Es bilden also die Leberzellen selbst die Wandung dieses Kanals. Die Gallenkapillaren verbinden sich, ebenso wie die Leberzellbalken miteinander zu einem Netzwerk, in dessen Maschen die Leberzellen liegen. Die Leberzellen sind durch die Gallenkapillaren gleichsam umflochten, denn diese verlaufen an mehreren Flächen der Zelle. Am Rande eines jeden Läppchens vereinigen sich be-

Vena centralis

Gallenkapillaren

Fig. 176.

Gallenkapillaren in einem Leberläppchen des Kaninchens (Chromsilbermethode).

Ca. 80mal vergrössert.

nachbarte Gallenkapillaren miteinander und gehen über in die interlobulären Gallengänge, es treten an die Stellen der Leberzellen kubische, indifferente Zellen in einfacher Schicht. Es sind nun auch vielfach Bildungen beschrieben worden, die es wahrscheinlich machen, dass, ähnlich wie wir das z. B. bei den Belegzellen der Magenschleimhaut gesehen haben, von der Gallenkapillare aus feine Kanälchen in das Innere der Leberzellen selbst eindringen. Hierher gehören die sog. Kupffer'schen Sekretvakuolen, kleine Hohlkugeln, die innerhalb des Leberzellenprotoplasmas liegen und mit der Gallenkapillare durch einen dünnen

Kern
Stark erweiterte Gallengänge

Fig. 177.

Kern
Vakuolen

Fig. 178.

Fig. 177. Zweikernige Leberzelle von der eine Gallenstauung aufweisenden menschlichen Leber.

Intrazelluläre, verschieden getroffene Gallengänge sind stark erweitert.

Fig. 178. Eine Leberzelle des Hundes.

Im Kern ist ein Hämoglobinkristall zu sehen; in den Vakuolen des Zellkörpers dagegen sieht man braune, nadelförmige Methämoglobinkristalle, als Folge des Hineingelangens von flüssigem Hämoglobin in die Leberzelle (nach intravenöser Hämoglobininjektion). Beide Figuren nach Präparaten von Professor Browicz. Ca. 700mal vsrgrössert.

Stiel in Verbindung stehen. Man könnte so annehmen, dass sich das Leberzellensekret, die Galle, in diesen kleinen Vakuolen sammelt und durch den Stiel durch ins Kapillarlumen gepresst wird. Neuere Untersuchungen und vor allem pathologische Befunde machen es wahrscheinlich, dass zwischen dem Kapillarlumen und dem Inneren der Leberzelle offene Verbindungswege bestehen (Geberg, R. Krause, Marchand, Browicz). Nach Browicz muss sogar der Anfang der Gallenkapillare in den Kern verlegt werden, denn es gelang ihm, innerhalb desselben Gallentröpfchen nachzuweisen (Fig. 177, 178).

Die interlobulären Gallengänge besitzen als Auskleidung eine einfache Lage kubischer Zellen, die aussen von einer

strukturlosen Membrana propria umhüllt wird. Je weiter die Gänge durch Zusammenfliessen feinerer Kanäle werden, um so höher werden die auskleidenden Zellen und um so deutlicher tritt nach aussen von der Membrana propria eine bindegewebige Hüllschicht auf. Die interlobulären Gänge verlaufen zusammen mit den Ästen der Vena portae und der Art. hepatica zur Leberpforte und vereinigen sich hier zu dem Ductus hepaticus. Schon in den gröberen interlobulären Gallengängen tritt Muskulatur auf und zwar in Form vereinzelter, zirkulär oder schräg verlaufender glatter Muskelzellen. Sie erreichen beim Menschen jedoch erst im Ductus choledochus eine grössere Ausdehnung und bilden an seinem Duodenalende einen ringförmigen Musc. sphincter. Das Epithel des Ductus hepaticus ist ebenfalls Zylinderepithel in einfacher Schicht; zwischen den Zylinderzellen finden sich zahlreiche Becherzellen. Innerhalb der Propria liegen zahlreich alveo-tubuläre Drüsen, die in ihrem Bau den Kardiadrüsen des Magens ähneln und wohl zur Absonderung des Nukleoalbumins der Galle, des sog. Gallenschleims dienen.

Die sog. Vasa aberrantia sind wahrscheinlich Gallengänge, deren zugehöriges Parenchym im Laufe der Entwickelung geschwunden ist (Toldt, Zuckerkandl).

Die Gallenblase dient als Gallenreservoir. Ihre Wand zeigt innen eine einfache Schicht hoch zylindrischer Zellen mit basal gelegenen Kernen. Die Propria besteht aus fibrillärem Bindegewebe. Nach aussen von letzterem folgt eine dünne Lage glatter Muskelzellen und schliesslich die Serosa. Drüsen finden sich in der Gallenblasenwand nur in sehr spärlichem Masse und fehlen oft. Wo sie vorkommen, gleichen sie den Gallengangsdrüsen.

Der Ductus cysticus und der Ductus choledochus besitzen im wesentlichen die gleiche Struktur wie der Ductus hepaticus.

Die zuführenden Blutgefässe der Leber sind die Art. hepatica und die Vena portae, von welchen die erstere das ernährende Blut für das interlobuläre Gewebe, die letztere das funktionelle und teilweise, nämlich für die Leberzelle, auch das ernährende Blut zuführt. Abgeführt wird das gesamte Blut durch die Venae hepaticae, die bekanntlich einen anderen Verlauf nehmen, als die eng aneinandergeschlossene Leberarterie und Pfortader (Fig. 179 und 180). Die Art. hepatica dringt an der Pforte in das Organ, ihre kleinsten Zweige versorgen im wesentlichen die interlobulär gelegenen Gebilde, ihre Kapillaren münden in die Venae interlobulares der

Pfortader, die sog. inneren Wurzeln der Pfortader. Die letztere, eines der stärksten Gefässe des Körpers, zerfällt, wie die Arterie, zunächst in einen rechten und linken Ast, die sich dann innerhalb des Organs vielfach teilen. Die zwischen den Läppchen verlaufenden Äste bezeichnet man als Venae interlobulares. Jede solche Vena interlobularis zerfällt nun in Kapillaren, welche in die benachbarten Läppchen eindringen und sich im Inneren derselben zu der Vena centralis sammeln. Jedes Läppchen wird von mehreren Venae interlobulares versorgt und jede Vena interlobularis versorgt auch wieder mindestens zwei benachbarte Läppchen. Die Vena centralis ist ca. 1 mm lang, ungefähr nur halb so lang als das Läppchen. Die Vena centralis mündet in eine Vena sublobularis, die der Substanz des Leberläppchens dicht anliegt. Jede solche Vena sublobularis nimmt zahlreiche Venae centrales auf. Durch Vereinigung der Venae sublobulares entstehen grössere Venenstämmchen, die man makroskopisch schon immer daran erkennt, dass sie isoliert liegen, in einiger Entfernung von den immer dicht benachbarten Arterien, Gallengängen und Pfortaderzweigen.

Von Kupffer sind unter dem Namen Sternzellen eigenartige sternförmige Zellen beschrieben worden, die innerhalb der Wand der Blutkapillaren des Leberläppchen gelegen sind und wohl eine Art phagozytärer Elemente darstellen, indem sie Trümmer von Blutkörperchen oder in das Blut eingeführte Fremdkörper (Zinnober, Tusche) begierig aufnehmen. Browicz schreibt ihnen die farbstoffbildende Rolle zu, wofür der Umstand zu sprechen scheint, dass kleinere Partikel der Erythrozyten in diesen Zellen weiteren Veränderungen unterliegen und dass sich innerhalb dieser Zellen Pigmentschollen finden.

Die Lymphgefässe der Leber wurzeln in Scheiden, welche innerhalb eines jeden Läppchens sämtliche Blutkapillaren umgeben Es liegt also die Blutkapillare nicht direkt dem Leberzellbalken auf, sondern wird von ihm durch einen Spaltraum, die Lymphscheide getrennt. Diesen Scheiden kommt eine selbständige Wand nicht zu. An der Peripherie der Läppchen gehen die Lymphspalten in mit Epithel ausgekleidete interlobuläre Lymphgefässe über, die den Venen folgen.

Die Nerven der Leber stammen zum grösseren Teil aus dem Plexus coeliacus, zum kleineren aus dem Nerv. vagus, sie dringen mit der Art. hepatica und der Vena portae in das Organ. Sie sollen im Innern der Läppchen die Leberzellbalken geflechtartig umspinnen und knopfförmig oder in Endbäumchen zwischen den

Leberzellen enden (Berkley). Sehr reichlich sind die Gallengänge und die Gallenblase mit Nerven versorgt. Sie bilden hier innerhalb der Muscularis ein dem Auerbach'schen Plexus des Darms analoges mit zahlreichen sympathischen Zellen besetztes Geflecht.

7. Das Pankreas.

Das Pankreas, Bauchspeicheldrüse, ist eine zusammengesetzte alveoläre Drüse, von exquisit lappigem Bau, vergleichbar in ihrem Bauschema der Parotis. Sein Ausführungsgang, Ductus pancreaticus, der, wie die systematische Anatomie lehrt, mancherlei Varietäten aufweisen kann, verzweigt sich vielfach innerhalb der Drüse. Die kleinsten interlobulären Gänge treten in die Läppchen ein, zerfallen hier und gehen in lange Schaltstücke über, von welchen seitlich feine Zweige zu den Alveolen führen (Fig. 181).

Fig. 181.

Schema des Pankreas.

A = Ausführungsgang; S = Schaltstück; E = Endstück mit zentroazinären Zellen.

Das Sekret des Pankreas, der Pankreassaft, stellt eine ziemlich dicke, farblose Flüssigkeit von alkalischer Reaktion dar, welche 1,2 % feste Bestandteile, darunter 0,5 % organische und 0,7 % anorganische Bestandteile enthält. Unter den ersteren spielen die Enzyme die bedeutungsvollste Rolle, von denen es einmal amylolytische, d. h. Stärke in Zucker und Maltose in Dextrose verwandelnde gibt, ferner ein proteolytisches, d. h. eiweissspaltendes Enzym, das Trypsin und schliesslich ein lipolytisches, fettspaltendes Enzym, das Steapsin. Wie Pawlow gezeigt hat, bildet die aus dem Magen in das Duodenum gelangende Salzsäure das wichtigste Anreizungsmittel für die Sekretion des Pankreassaftes.

Schon bei schwacher Vergrösserung erkennt man, dass jedes Pankreasläppchen eine Eigenart zeigt, die es von jeder anderen Drüse sofort unterscheiden lässt. Man erkennt nämlich in jedem

Läppchen, meist ungefähr im Zentrum gelegen, einen wohl abgegrenzten Bezirk, in welchem die Zellen keine typische Anordnung um ein Alveolarlumen herum zeigen (Taf. XVII, Fig. 155). Wir bezeichnen diese Bezirke als Langerhans'sche Inseln und wollen sie getrennt von dem übrigen Parenchym besprechen.

Die Drüsenzelle des Pankreas (Fig. 181 und 182) besitzt eine konische oder kubische Gestalt und lässt sehr leicht zwei verschiedene Zonen, eine Aussen- und eine Innenzone erkennen. Im frischen Zustand erscheint die erstere hell, etwas streifig, die letztere ist dunkel und wird erfüllt von kugeligen, dicht gelagerten Körnern, den Zymogenkörnern. Im Hunger ist die Innenzone sehr gross, die Aussenzone sehr schmal, während der Verdauung dagegen wird die erstere immer schmäler und kann schliesslich ganz verschwinden, so dass der ganze Zellkörper jetzt der Aussenzone entspricht. An gefärbten Dauerpräparaten erkennt man, dass der Zellkörper gebildet wird von einem maschigen Protoplasmagerüst, das in der Aussenzone sehr engmaschig ist, in der Innenzone weitmaschiger wird und hier die Zymogenkörnchen umgibt. Der Zellkern liegt immer innerhalb der Aussenzone, im Hunger an der Zellbasis und rückt während der Verdauung in die Zellmitte. Ausserdem findet sich in der Pankreaszelle noch ein Gebilde, das wir seit seiner Entdeckung durch M. Nussbaum als Nebenkern bezeichnen. Er besitzt sehr variable Form, liegt z. B. als Halbmond dem Kern an oder als Kugel neben dem Kern und ist seiner Natur nach noch sehr wenig geklärt. Von den einen wird er als ausgewanderte oder abgeschnürte Kernsubstanz (Ogata, Nicolaides, Ver Eecke), von anderen als protoplasmatische Bildung aufgefasst (Eberth, Mouret).

Fig. 182.
Aus einem Schnitt vom Pankreas der Katze.
Ca. 580 mal vergrössert.

Die Drüsenzellen der Alveolen werden in den Schaltstücken ersetzt durch die sehr niedrigen Schaltstückepithelzellen. diese letzteren schieben sich aber auch innerhalb der Alveolen über die Drüsenzellen herüber und begrenzen so das Alveolenlumen nach innen (Fig. 182). Durch den Besitz dieser von Langerhans entdeckten zentroazinären Zellen zeichnet sich das Pankreas von allen übrigen Drüsen des menschlichen Körpers aus.

Auch im Pankreas gehen, wie in der Parotis, vom Lumen der Alveole feine Sekretkapillaren aus, die nach der einen Auffassung intrazellulär endigen, nach der anderen immer nur ein Stück weit zwischen den Zellen vordringen.

Die Ausführungsgänge werden von kubischen oder zylindrischen Epithelzellen in einfacher Lage ausgekleidet, zu einer Stäbchenbildung, wie wir sie in den Speichelröhren der Parotis finden, kommt es im Pankreas nicht. Im Ductus pancreaticus findet sich hohes Zylinderepithel, nach aussen von einer strukturlosen Basalmembran umgeben, auf die eine dünne bindegewebige Propria folgt. Zirkulär verlaufende glatte Muskelzellen bilden eine ziemlich starke Muscularis. In der Propria finden sich wenig zahlreiche Schleimdrüsen.

Die Langerhans'schen Zellenhaufen oder Inseln setzen sich gegen das Parenchym des Läppchens immer scharf ab. Sie bestehen aus regellos gelegenen polyedrischen oder rundlichen Zellen, zwischen denen sich zahlreiche Blutkapillaren finden. Manchmal sind diese Zellen zu netzförmig anastomosierenden Strängen angeordnet und es werden dann ihre Maschen von den Blutkapillaren eingenommen. Bei der Frage nach der Bedeutung dieser eigenartigen Zellhaufen handelt es sich natürlich zunächst darum, zu entscheiden, ob sie in irgend einer Beziehung zum allgemeinen Drüsenlumen stehen. Das wird von einer grossen Anzahl Autoren direkt bestritten, von anderen dagegen behauptet. Nach den neuesten Untersuchungen von Nerlich lassen sich die Inseln vom Ductus pancreaticus aus injizieren. Derselbe Autor konnte auch feststellen, dass die Inselzellen während des Hungerns anders aussehen, wie in der Verdauung, was ohne Zweifel für eine sekretorische Fähigkeit spricht. Nach Exstirpation des Pankreas tritt bei Tieren Zuckerausscheidung im Harn (Diabetes) auf, die Tiere können den Zucker nicht mehr normalerweise verarbeiten. Nach den Untersuchungen von Diamare soll nun der Verlust der Langerhans'schen Inseln an diesem Verhalten Schuld sein;

sie liefern ein Sekret, welches eine indirekte Wirkung auf die allgemeine Glykolyse des Körpers ausübt.

Die Blutgefässe, Lymphgefässe und Nerven des Pankreas verhalten sich ganz ähnlich wie in den Speicheldrüsen, so dass auf das dort Gesagte verwiesen werden kann.

8. Das Bauchfell.

Das Bauchfell, Peritoneum, kleidet die Wände der Bauch- und Beckenhöhle als Peritoneum parietale aus und bildet um die in beiden gelegenen Organe einen mehr oder weniger vollständigen Überzug, das Peritoneum viscerale. Die Beschreibung der Verlaufsverhältnisse ist Sache der systematischen Anatomie. Wir wollen hier nur den Bau der einzelnen Abschnitte des Bauchfells erörtern, Peritoneum parietale, Peritoneum viscerale, Mesenterium und Omentum.

Das Peritoneum parietale besitzt zunächst innen auf seiner freien Fläche ein einfaches Epithel, das sich aus einer Lage platter, polygonaler Zellen zusammensetzt. Die Epithelzellen sitzen auf einer feinen, elastischen Basalmembran auf, dann folgt ein Bindegewebe mit verästelten Fibroblasten und zahlreichen, zu Netzen verbundenen, feinen elastischen Fasern. Die Dicke des Peritoneum parietale beträgt ca. 100 μ. Mit der Muskulatur wird es durch ein lockeres Bindegewebe, Tela subserosa, verbunden. Zwischen den Epithelzellen des Peritoneum parietale finden sich vor allem an der Unterfläche des Zwerchfells zahlreiche Spaltöffnungen (von Recklinghausen), welche in die Lymphgefässe führen, mit denen die Bauchhöhle also in offener Kommunikation steht.

Das Peritoneum viscerale ist beträchtlich dünner, nur ungefähr halb so dick als das parietale Blatt, besitzt aber sonst den gleichen Bau. Die Subserosa ist meist nur sehr schwach entwickelt. Im viszeralen Peritoneum des Beckens finden sich ausserdem glatte Muskelzellen, besonders im Ligamentum latum des Uterus. Sie spalten sich aus den oberflächlichen Lagen der Uterusmuskulatur ab und treten zwischen die beiden Blätter des Ligaments ein.

Das Omentum majus besteht aus vier, das Omentum minus aus zwei Peritonealblättern. Der Epithelüberzug des Netzes ist im postembryonalen Leben kein vollständiger mehr. Das Netz erscheint durchlöchert und stellt ein bindegewebiges, mit zahllosen

Fettzellen durchsetztes Balkenwerk dar, das von platten Epithelzellen in einfacher Schicht umgeben wird.

Die Mesenterien sind Peritonealduplikaturen. Zwischen beiden Blättern verlaufen innerhalb einer besonderen Bindegewebslage, Membrana mesenterii propria (Toldt) die Gefässe und Nerven zum Darm.

Die Blutgefässe des Peritoneums sind spärlich entwickelt und bilden weitmaschige Kapillarplexus. Die Nerven sind recht zahlreich, zum grösseren Teil marklos, zum kleineren markhaltig. Sie enden teils an den Gefässen, teils in besonderen Nervenendkörperchen. Grosse Endkörperchen, vom Typus der Vater-Pacini'schen Körperchen, trifft man im Mesenterium der Katze.

Innerhalb der Bauchhöhle findet sich normalerweise eine geringe Menge einer klaren, dünnen Flüssigkeit, welche als korpuskuläre Elemente grosse, protoplasmareiche, rundkernige Zellen enthält, Makrophagen, phagozytäre Elemente. Es sind das nach Weidenreich losgelöste Peritonealepithelien, die aus dem Omentum stammen. Man kann deshalb nach dieser Auffassung das Omentum als einen flächenhaft ausgebreiteten lymphoiden Apparat auffassen.

III. Das Atmungssystem.

Das Atmungssystem setzt sich zusammen aus einem unteren und einem oberen Abschnitt. Der erstere besteht aus den Lungen, den Bronchien, der Luftröhre und dem Kehlkopf. Der obere Abschnitt wird dargestellt durch die Nasenhöhle; beide Abschnitte werden verbunden durch einen dem Verdauungs- und Atmungssystem gemeinsamen Raum, die schon früher besprochene Schlundhöhle. Wir wollen hier nur den Bau des unteren Abschnitts der Atmungsorgane abhandeln, die Nasenhöhle wird ihre Besprechung bei den Sinnesorganen finden.

Das Atmungssystem entwickelt sich in engster Verbindung mit dem Verdauungsrohr, von dem es sich als ventrale Rinne schon in sehr früher embryonaler Periode abschnürt. Beim 5 mm langen menschlichen Embryo zeigt der Schlunddarm zwei seitlich längs verlaufende Einziehungen, durch welche er in seinem oberen Abschnitt in eine dorsale Schlundhalbrinne und eine ventrale Lungenhalbrinne zerfällt. Die letztere setzt sich nach unten fort in je eine seitliche Lungenanlage. Indem die seitlichen Einziehungen

immer weiter ins Lumen vordringen, trennen sie schliesslich das Schlundrohr vollkommen von dem Lungenrohr oder Luftrohr, das oben in ersteres einmündet, unten in die paarige Lungenanlage übergeht. Aus der Lungenanlage entsteht die Lunge durch Sprossung nach Art einer alveolärtubulösen Drüse. Das obere Ende des Luftrohrs weitet sich und erhält ein von dem zweiten bis fünften Viszeralbogen stammendes Knorpelskelett, es wird zum Kehlkopf, während der mittlere Abschnitt die Luftröhre und die Bronchien bildet. Wir hätten also nacheinander zu besprechen

1. den Kehlkopf,
2. die Luftröhre,
3. die Bronchien und
4. die Lungen.

1. Der Kehlkopf.

Der Kehlkopf dient bei den höheren Wirbeltieren nicht allein der Atmung, sondern er ist in hervorragender Weise gleichzeitig in ein Stimmbildungsorgan umgewandelt. Der Luftstrom versetzt, indem er durch den Kehlkopf durchstreicht, zwei an seinem oberen Ausgang angebrachte, reich mit elastischem Gewebe ausgestattete Schleimhautduplikaturen, die Stimmbänder, in schwingende Bewegung. Es wird dadurch ähnlich, wie in einer Zungenpfeife, ein Ton erzeugt. Ein komplizierter Muskelapparat dient zur Spannung und Stellungsänderung dieser Stimmbänder und wirkt so auf Höhe, Stärke und Klangfarbe des erzeugten Tones.

Die Schleimhaut des Kehlkopfs besteht aus Epithel, Basalmembran und Lamina propria. Ihre Dicke ist individuell verschieden, als Mittelwert darf man 0,5 mm annehmen. Das Epithel ist zweierlei Art, es dringt nämlich das geschichtete Plattenepithel der Mund-Schlundhöhle noch ein Stück weit in das Kehlkopfinnere vor und überzieht hier einmal die laryngeale Fläche der Epiglottis, so dass ein den freien Rand derselben umgebender Saum von Plattenepithel entsteht, der oben am breitesten, ca. 1 cm, ist und nach den ary-epiglottischen Falten zu immer schmäler wird. Es überzieht dasselbe ferner die ganze Regio interarytaenoidea und die freien Ränder der wahren und falschen Stimmbänder. Die ganze übrige Kehlkopfschleimhaut trägt ein mehrreihiges Flimmerepithel, dessen Flimmern sich gegen die Rachenhöhle bewegen, wobei allerdings zu bemerken ist, dass

in individuell verschiedener Ausdehnung innerhalb dieses Epithels an manchen Stellen, vor allem der Hinterfläche des Kehldeckels, Inseln von geschichtetem Plattenepithel auftreten können.

Das Zylinderepithel ist ungefähr 50 μ dick und besteht aus einer geschlossenen Lage flimmernder, hoher Zylinderzellen, zwischen deren verschmälerten unteren Enden nach oben spitz auslaufende Zellen lagern, die aber nicht die Schleimhautoberfläche erreichen. Zwischen den Zylinderzellen finden sich zahlreiche Becherzellen. Das geschichtete Plattenepithel bietet keine hervorzuhebenden Besonderheiten. Es senkt sich in Form von Zapfen in die Propria hinein, welche sich am Rande des wahren Stimmbandes zu parallel verlaufenden Längsleisten verbinden, hier erreicht das Epithel eine Dicke von 100 μ. Im Epithel der Kehlkopfschleimhaut finden sich vielfach zerstreut Geschmacksknospen (Verson) und zwar immer nur innerhalb der Plattenepithelregion, aber niemals auf den Stimmbändern.

Die Basalmembran ist immer gut entwickelt, strukturlos oder undeutlich streifig.

Die Lamina propria besteht aus dicht verfilzten Bindegewebsfasern, zwischen denen äusserst zahlreiche elastische Fasern eingelagert sind. Sie ist bald mehr locker, z. B. an den ary-epiglottischen Falten und an der hinteren Kehlkopfwand, bald straffer. Papillen finden sich auf der Propria entsprechend den Epithelzapfen nur da, wo geschichtetes Plattenepithel vorhanden ist. Am wahren Stimmband verlaufen die Proprialeisten längs. Hier besteht die Propria fast ausschliesslich aus längsverlaufenden, dicken, elastischen Fasern, welche durch dünne Queranastomosen miteinander verbunden sind. Es bildet sich so ein kompakter elastischer Strang, der sich am hinteren Ende auffasert und sich mit dem Proc. vocalis verbindet (Lig. vocale). Vorn inseriert er dagegen als einheitlicher Strang am Winkel des Schildknorpels. An dieser Stelle findet sich ein kleiner Netzknorpel dem Schildknorpel angelagert, der Proc. vocalis anterior oder Macula flava. Unter dem Lig. vocale folgen dann die Fasern des Musc. thyreo-arytaenoideus; es wird das erstere von den einen als Sehne (Henle, Ludwig), von den anderen als Faszie (Harless, Fränkel) des letzteren angesehen.

Die Propria der Kehlkopfschleimhaut enthält zahlreiche Drüsen, die nur am freien, schwingenden Rande des Stimmbandes fehlen; ihre grösste Ausdehnung erreichen sie im Ventriculus laryngis und in der Taschenfalte. Die Drüsen sind teils verzweigt

tubulöse Eiweissdrüsen, teils alveolär-tubulöse Schleimdrüsen mit Gianuzzi'schen Halbmonden (Maziarski). Auch Lymphfollikel kommen in der Kehlkopfschleimhaut vor, unter normalen Verhältnissen aber nur an der Hinterfläche der Epiglottis, im Ventrikel und an der hinteren Wand. An der erstgenannten Stelle finden sich zahlreiche Balgdrüsen zu einer Tonsilla laryngea vereinigt, die aber schon vom 30. Lebensjahre an eine starke Rückbildung erfahren (Citelli).

Eine Submucosa kommt im Kehlkopf nur zur Ausbildung auf der Oberseite der Epiglottis, in den ary-epiglottischen Falten, in den Taschenfalten und im Ventrikel und besteht hier aus lockerem Bindegewebe. An allen übrigen Stellen setzt sich die stark elastische Aussenpartie der Propria direkt in das elastische Perichondrium der Knorpel fort.

Die Gefässe der Kehlkopfschleimhaut lassen meist eine Anordnung in drei, in verschiedenen Höhen gelagerte und durch Queräste verbundene Netze erkennen, von denen das innerste dicht unter der Basalmembran liegt. Auch Lymphgefässnetze durchsetzen die Propria der Schleimhaut; sie sind am spärlichsten entwickelt in den wahren Stimmbändern, am reichlichsten in den ary-epiglottischen Falten.

Die Kehlkopfknorpel sind umgeben von einem starken, an elastischen Fasern sehr reichen Perichondrium. Sie bestehen zum allergrössten Teil aus Hyalinknorpeln. Eine Ausnahme machen die Cartilago epiglottica, die Cartilagines cuneiformes und corniculatae und der Processus vocalis der Cartilagines arytaenoideae, die aus elastischen Knorpeln bestehen. Die Kehlkopfknorpel verknöchern schon relativ früh. Nach Chievitz beginnt die Verknöcherung beim Mann im 20., beim Weib im 22. Jahre und zwar zuerst im Schild- und Ringknorpel. Sie stellt einen physiologischen Vorgang dar, der beim Mann grössere Dimensionen erreicht, als beim Weib.

Die Nerven des Kehlkopfs stammen aus den Nervi laryngei superior und inferior und aus dem Nerv. sympathicus, von denen der erste und letzte vorwiegend zu der Kehlkopfschleimhaut, der Nerv. laryngeus inferior vorwiegend zu den Kehlkopfmuskeln gehen. Innerhalb der Propria der Kehlkopfschleimhaut bilden die Nerven ausgedehnte, zum Teil noch markhaltige Plexus, die mit zahlreichen Ganglienzellen besetzt sind. Die aus ihnen aufsteigenden Fasern endigen mit ihren Verästelungen zwischen den Epithelzellen, an den Drüsen und an den Gefässen.

Die Muskeln des Kehlkopfs bestehen sämtlich aus quergestreiften Fasern.

2. Die Trachea.

Das Epithel der Trachealschleimhaut ist wie das des Kehlkopfs ein mehrreihiges Flimmerepithel von ungefähr 70 μ Dicke. Die Flimmern schlagen dort, wie hier nach dem Rachen zu. Zwischen den Flimmerzellen sitzen zahlreiche Becherzellen, auch Inseln von geschichtetem Epithel finden sich nicht allzuselten.

Die Basalmembran zeigt dieselben Verhältnisse wie im Kehlkopf.

Die Lamina propria enthält auch in der Trachea sehr zahlreiche elastische Fasern. Zunächst unter der Basalmembran findet sich eine schmale, bindegewebige, von Lymphozyten durchsetzte Schicht, auf die dann nach aussen eine starke elastische Partie folgt, deren Fasern zu Netzen verbunden vorwiegend längs verlaufen. Sie setzt sich nach aussen wieder in eine breite bindegewebige Zone fort, die das Drüsenstratum enthält und entweder in das Perichondrium der Trachealknorpel oder in die Submucosa übergeht.

Die Drüsen sind beim Menschen in der Trachealschleimhaut sehr stark entwickelt und gleichen in ihrem Bau ganz den Kehlkopfdrüsen.

Eine Submucosa fehlt nach innen von den Knorpeln gänzlich, sie findet sich als lockeres, mit zahlreichen elastischen Fasern durchsetztes Bindegewebe nur in den Interstitien.

Die Trachealknorpel, die bekanntlich die Form eines ovalen, hinten offenen Ringes haben, bestehen aus Hyalinknorpel und werden umgeben von einem starken elastischen Perichondrium. Sie verknöchern weniger regelmässig als die Kehlkopfknorpel.

Die beiden freien Enden eines jeden Trachealringes werden verbunden durch Züge glatter Muskelzellen, die in ihrer Gesamtheit den Musculus trachealis darstellen. Die Muskeln besitzen an ihren Enden kurze Sehnen. Nach aussen von diesen transversalen Bündeln finden sich auch noch vereinzelte longitudinal verlaufende Bündel. Die in der Pars membranacea gelegenen Drüsen durchbrechen vielfach die Muskelschicht und kommen in das retromuskuläre Bindegewebe zu liegen.

Gefässe und Nerven verhalten sich in der Trachea ebenso wie im Kehlkopf.

3. Die Bronchien.

Die gröberen und feineren Verzweigungen der Trachea, die Bronchien und Bronchiolen zeigen in ihrem Bau alle wesentlichen Verhältnisse der Luftröhre (Fig. 183). Im einzelnen wäre folgendes zu bemerken.

Das Verhalten des Epithels bleibt in den grossen Bronchien genau dasselbe, nur springt es in zahlreichen Längsfalten ins Lumen vor, denen Längsleisten der Propria entsprechen. Haben die Bronchien eine Weite von ca. 0,5 mm angenommen, so verschwindet allmählich die tiefere Zellage und das Epithel ist nun ein einfaches, flimmerndes Zylinderepithel, dessen Zellen mit abnehmender Weite des Bronchus immer niedriger werden. Sobald das Epithel einschichtig wird, verlieren sich auch die Becherzellen.

Die Propria besteht in den Bronchien fast nur noch aus zu Netzen verbundenen elastischen Fasern.

Die Drüsen, zunächst noch sehr zahlreich, nehmen allmählich an Zahl ab und verlieren sich ungefähr bei einer Weite von 0,85 mm. Sie liegen in den mittleren und kleineren Bronchien nach aussen von den Knorpeln.

Die Knorpel zerfallen bekanntlich um so mehr, je weiter wir in den Bronchien vordringen, sie verschwinden vollkommen ebenfalls bei einer Weite von 0,85 mm. Sie werden umgeben von einer starken Bindegewebslage mit zahlreichen elastischen Fasern, welche die Bronchialwand mit dem umgebenden Lungengewebe verbindet.

Die Muskeln bilden in den grösseren und mittleren Bronchien eine zusammenhängende 150—100 μ dicke Schicht. Mit dem allmählichen Schwund der Knorpel wird diese Schicht immer dünner und knorpellose Bronchiolen besitzen auch gewöhnlich keine zusammenhängende Muskulatur mehr.

4. Die Lungen.

Die Lungen sind alveolär-tubulöse Drüsen, die beim Neugeborenen noch eine deutliche Zusammensetzung aus einzelnen Läppchen erkennen lassen. Beim Erwachsenen erkennt man auch eine Zusammensetzung aus einzelnen Läppchen, doch sind dieselben hier viel grösser, 1—2 cm, und durch Vereinigung mehrerer primärer Läppchen entstanden. Die einzelnen Läppchen werden durch das interlobuläre, mit elastischen Fasern stark durchsetzte Bindegewebe miteinander sehr fest verbunden.

In jedes primäre Läppchen tritt ein Bronchiolus ein und zerfällt durch seitliche Abgabe und fortwährende dichotomische Verzweigung schliesslich in 50—100 Endbronchiolen. Jeder Endbronchiolus erweitert sich zu einem Alveolargang, der sofort

Fig. 184.

Schnitt durch die Lunge der Katze.

Der Bronchiolus respiratorius teilt sich in zwei Äste. Ca. 50mal vergrössert.

wieder in eine Anzahl weiterer oder engerer länglicher Blindsäcke zerfällt, die Infundibula. Alveolargang und Infundibula sind ringsum mit zahlreichen Aussackungen besetzt, den Alveolen (Fig. 184).

Es wird durch diese Einrichtung eine mächtige respiratorische Oberfläche geschaffen, welche mit dem respiratorischen Epithel bekleidet ist. Dieses Epithel können wir nach den Unter-

suchungen von Bohr als ein Drüsenepithel bezeichnen, denn es besitzt die Fähigkeit zu sezernieren. Es sezerniert nicht nur Kohlensäure aus dem Blut der umgebenden Kapillaren in die Alveolen und Sauerstoff aus der Alveolarluft in das Blut, sondern es gleicht auch darin dem echten Drüsenepithel, dass es die Kohlensäure nicht allein nur einfach ausscheidet, sondern sie zum Teil auch selbständig darstellt aus intermediären Produkten, die ihm durch das Blut zugeführt werden (Bohr).

Da wir die Bronchien und Bronchiolen in ihren Bauverhältnissen haben kennen gelernt, so bliebe uns vom Lungenparenchym nur noch die Besprechung der Endbronchiolen, Alveolargänge und Alveolen übrig.

In dem Endbronchiolus oder Bronchiolus respiratorius treten zwei wichtige Veränderungen auf. Einmal verlieren die Epithelzellen ihre Zilien und werden bei fortwährender Abnahme ihrer Höhe schliesslich ganz platt. Das Bindegewebe der Propria verschwindet ebenfalls immer mehr und mehr. Das Gleiche gilt auch von der Muskulatur, die nun keinen vollständigen Ring mehr bildet, sondern nur ein weitmaschiges Geflecht. Es besteht so die Wand des Bronchiolus respiratorius aus einem einschichtigen Epithel von wechselnder Höhe; unter demselben findet sich eine unvollständige Schicht glatter Muskelzellen, durchsetzt von elastischen Fasern. Als wichtigste Veränderung treten aber in der Wand der Bronchioli respiratorii seitliche Aussackungen auf, die Alveolen.

Die Alveolargänge, Ductuli alveolares, die Infundibula, auch Atria genannt, und die Alveolen besitzen sämtlich den gleichen Bau. Ihre Grundlage bildet eine homogene, strukturlose, manchmal leicht streifige Grundmembran. Da, wo zwei Alveolen aneinander stossen, ist die Grundmembran beiden gemeinsam, sie trennt die beiden Hohlräume voneinander. In die Grundmembran eingebettet liegen die Kapillaren und wulsten sie, da sie dicker sind als jene, nach aussen und innen vor. Ausserdem wird sie durchsetzt von zahlreichen elastischen Fasern, von denen man nach Orsós zwei Arten unterscheiden muss, dickere, welche von den Bronchioli respiratorii auf Alveolargänge und Alveolen übergehen, und dünne, die von der Wand der Blutkapillaren sich abzweigen. Ferner finden sich neben den elastischen Fasern auch noch Bindegewebsfasern. Am dichtesten liegen die elastischen Fasern in der Alveolenzwischenwand und an der Mündungsstelle der Alveolen in die Infundibula, Alveolargänge und Bronchioli respiratorii. An diesen Stellen vereinigen sie sich zu elastischen Ringen, welche

den Binnenraum der Alveole von dem Infundibulum mehr oder weniger abschliessen können.

Das Epithel, welches alle diese Hohlräume auskleidet, das respiratorische Epithel (Fr. E. Schulze) setzt sich aus zwei verschiedenen Elementen zusammen. Zwischen den Kapillaren, d. h. innerhalb der Maschen, die sie bilden, ist die Grundmembran bedeckt mit niedrigen, kleinen, polygonalen oder rundlichen, kernhaltigen Zellen. Auf den Kapillaren dagegen liegen drei- bis viermal so grosse, unmessbar dünne, kernlose Platten. Wir sind mit Oppel der Ansicht, dass diese kernlosen Platten nichts anderes als Fortsetzungen, Lappen der kernhaltigen Zellen sind, mit denen sie sich über die Kapillaren herüberlagern. Der Übergang dieses respiratorischen Epithels in gleichmässiges kubisches Epithel erfolgt unregelmässig und allmählich im Bronchiolus respiratorius.

Die Frage nach dem Vorkommen von glatten Muskelzellen in der Alveolarwand ist verschieden beantwortet worden, so treten z. B. Rindfleisch und Nicolas dafür ein, während sie nach Toldt von den Bronchioli respiratorii nur noch auf die Alveolargänge übergehen.

Delafield, Hansemann und viele andere haben Öffnungen in den Alveolarzwischenwänden beschrieben, durch welche benachbarte Alveolen miteinander kommunizieren sollen. Solche Verbindungen werden von Miller und Aigner geleugnet, von Laguesse und d'Hardivillier als pathologische Vorkommnisse bezeichnet.

Das Blutgefässystem der Lunge ist, ähnlich wie das der Leber ein doppeltes, wir können auch hier funktionelles Blut und Ernährungsblut unterscheiden. Funktionelles Blut wird der Lunge vorwiegend durch die Arteria pulmonalis, Ernährungsblut vorwiegend durch die Arteriae bronchiales zugeführt. Abgeführt wird das Blut der Hauptmasse nach durch die Venae pulmonales, während die Venae bronchiales nur eine relativ geringe Blutmenge aus der Wand der grossen und mittleren Bronchien und dem interlobulären Bindegewebe abführen. Die Arterienäste begleiten die Bronchien und verästeln sich mit ihnen. Die Bronchialarterien versorgen dabei Schleimhaut, Muskulatur und Propria der Bronchien und das interlobuläre Bindegewebe. Die Pulmonalarterie nimmt daran nur geringen Teil und scheint auch mit der Bronchialarterie keine wesentlichen Anastomosen einzugehen. Das Gebiet der letzteren endigt am Beginn des Lungenläppchens, in welches nur ein Zweig der Arteria pulmonalis eintritt. In dem Läppchen be-

gleitet die Arterie zunächst den Bronchiolus und gibt dann an jeden Bronchiolus respiratorius einen Ast, der wieder die Zweige für Alveolargang, Infundibula und Alveolen abgibt. Die Zweige zerfallen in Kapillaren, welche um jede Alveole herum einen korbartigen Plexus bilden (Fig. 185), dessen Maschenweite je nach der Ausdehnung der Alveole zwischen 5 und 18 μ schwankt, eines der engsten Kapillarnetze des menschlichen Körpers. Die Kapillaren liegen, wie oben geschildert, in der homogenen Grundmembran und sind so eng, dass die Blutkörperchen sich durchzwängen müssen. Die abführenden Venen, Zweige und Äste der Venae pulmonales verlaufen entsprechend den Arterien, sie nehmen ausser dem gesamten Atmungsblut auch noch einen grossen Teil des Bronchialblutes auf, da die Bronchialvenen sich erst an den mittleren Bronchien entwickeln.

Fig. 185.

Schnitt aus der injizierten Lunge des Kaninchens.

Die Alveolen sind von der Fläche gesehen; bei a ist ein Alveolus angeschnitten. Die grauen Balken sind Gefässkapillaren, die hellen Felder dagegen Maschen des Kapillarnetzes. Ca. 300mal vergrössert.

Die Wurzeln der Lymphgefässe der Lunge liegen um die Alveolen herum und in dem interlobulären Bindegewebe; die abführenden Stämmchen folgen entweder den Bronchien und gelangen zum Lungenhilus oder aber sie dringen in dem interlobulären Bindegewebe bis unter den Pleuraüberzug vor und gehen hier in ein weitmaschiges subseröses Lymphgefässnetz über, aus dem abführende Gefässe zum Lungenhilus verlaufen. In das subseröse Netz sind zahlreiche Lymphfollikel und Lymphdrüsen eingeschaltet. Ebensolche finden sich auch in der Nachbarschaft der mittleren und grösseren Bronchien.

Die Nerven der Lungen stammen vom Nervus vagus und Nervus sympathicus, sie dringen mit den Bronchien ein, verzweigen sich vielfach in deren Schleimhaut und enden an ihren Muskeln. Innerhalb der Lungenläppchen bilden sie einen zwischen

den Alveolen gelegenen Plexus, dessen Endäste nicht näher bekannt sind.

Die Pleura.

Die Pleura kleidet einmal als Pleura parietalis jederseits die Pleurahöhle aus und schlägt sich dann an der Lungenwurzel auf die Lunge über, überzieht ihre gesamte Oberfläche und dringt auch in die Spalten zwischen den einzelnen Lungenlappen ein. Die Pleura besteht aus einem einschichtigen Epithel niedriger, platter, polygonaler Zellen, die auf einer strukturlosen dünnen Basalmembran aufsitzen. Zwischen den Epithelzellen finden sich Stomata, welche in die subpleuralen Lymphspalten führen (Dybowski). Unter der Basalmembran liegt ein Bindegewebe, welches reich an elastischen Fasern und in der Pleura parietalis viel mächtiger entwickelt ist, als in der Pleura visceralis.

IV. Das Harnsystem.

Das Harnsystem besteht aus zwei umfangreichen drüsigen Organen, den Nieren, denen die Aufgabe zufällt, die bei dem Abbau der verschiedenen Nahrungsmittel innerhalb des Blutes und der verschiedensten Organe entstehenden, für den Körper giftigen Produkte auszuscheiden. Von den Nieren führen die Harnleiter den Harn, der eine wässerige Lösung jener Produkte darstellt, zu der als Sammelreservoir ausgebildeten Harnblase, um von ihr durch die Harnröhre nach aussen entleert zu werden. Dieser letzte Abschnitt des Harnsystems dient beim männlichen Geschlecht gleichzeitig zur Abführung der Geschlechtsprodukte und ist dem als Begattungsorgan ausgebildeten Penis eingelagert. Beim Weib dagegen münden Harnwege und Geschlechtswege in getrennten Kanälen nach aussen.

1. Die Nieren.

Die Niere ist eine verzweigte, alveolär-tubulöse Drüse, bei der jeder Tubulus mit einer alveolenartigen Erweiterung beginnt. Die Tubuli vereinigen sich zu einer bestimmten Anzahl von Ausflussröhren, welche sich nicht wie bei anderen Drüsen zu einem gemeinsamen Ausführungsgang nach und nach vereinigen, sondern

welche getrennt voneinander in einen gemeinsamen Hohlraum, das Nierenbecken münden, aus dem der Harnleiter den Harn abführt.

Der Harn stellt eine, je nach seiner Konzentration hellgelbe bis rotbraune, aromatisch riechende Flüssigkeit dar von neutraler oder schwach saurer Reaktion. Die Menge des täglich gelassenen Harns beträgt im Mittel 1500 ccm, unterliegt jedoch beträchtlichen Schwankungen. Der frisch gelassene Harn enthält keine geformten Bestandteile, abgesehen von einigen abgestossenen Epithelzellen der Harnwege. Die wichtigsten organischen Bestandteile des Harns sind: 1. Der Harnstoff (2—3 %), das wesentlichste Endprodukt des Eiweissabbaues im Tierkörper. Der Harnstoff wird in der Niere nur ausgeschieden. Über den Ort seiner Bildung wissen wir noch nichts Bestimmtes, doch spielt die Leber hier sicherlich eine sehr bedeutsame Rolle. 2. Die Harnsäure spielt im menschlichen Harn eine geringere Rolle, als bei den Vögeln und Reptilien, bei welchen sie die Hauptmasse des Harnstickstoffs enthält. Auch die Harnsäure wird nur durch die Nieren ausgeschieden, sie wird im Körper als Endprodukt der Zersetzung der Nukleine gebildet. 3. Das Kreatinin, 4. die Purinbasen (Xanthin, Guanin, Hypoxanthin, Paraxanthin und andere), 5. Oxalsäure, 6. die Hippursäure, 7. Ätherschwefelsäuren, 8. Indoxylschwefelsäure und Harnfarbstoffe (Urochrom, Urobilin). Von den anorganischen Bestandteilen spielen die Hauptrolle Chlornatrium, Chlorkalium, Phosphate, Sulfate und Ammoniak.

Schon makroskopisch kann man an einem Quer- oder Längsschnitt durch die Niere zwei durch ihre verschiedene Farbe kenntliche Zonen unterscheiden, eine 6—8 mm breite, dunkelrote Rindensubstanz und eine hellere Marksubstanz. Die letztere zerfällt in eine Anzahl pyramidenförmiger Abteilungen (Malpighische) Nierenpyramiden, deren abgerundete Spitzen als Papillen in das Nierenbecken hineinragen, deren breite Basen gegen die Rinde hinsehen. Von solchen Pyramiden besitzt die menschliche Niere zwischen 7 und 20, die meisten Säugetiere haben jedoch nur eine einzige Pyramide. Jede Pyramide stellt, wie uns die Niere des Neugeborenen zeigt, einen besonderen Lappen des Nierenparenchyms dar. Hier zeigt die Nierenoberfläche eine deutliche Lappung und zwar finden sich soviel Lappen, als Papillen da sind. Jeder Lappen reicht von der Papille bis zur Oberfläche; indem während des Kindesalters die Basen der einzelnen Pyramiden miteinander verwachsen, verschwindet die Lappung und wir haben nun eine einheitliche Nierenrinde. Die Rindensubstanz trennt

noch die mittleren Partien der Pyramiden voneinander, indem sie in Form von keilförmigen Fortsätzen, Columnae renales (Bertini), gegen den Sinus renalis vordringt. Andererseits dringen von der Basis einer jeden Pyramide zahlreiche sich allmählich verschmälernde konische Fortsätze bis dicht unter die Nierenoberfläche, die Markstrahlen, Processus medullares (Ferreini). Den zwischen ihnen liegenden Teil der Nierenrinde bezeichnet man als Nierenlabyrinth (Fig. 186).

In den Pyramiden, den Processus medullares und den Columnae renales ist der Verlauf der Nierenkanälchen gerade, in der Rinde dagegen gewunden.

Wir können an jedem Kanälchen einen absondernden und einen ableitenden Abschnitt unterscheiden (Fig. 187). Es beginnt mit einem kleinen kugeligen, im Nierenlabyrinth gelegenen Körperchen, dem Malpighi'schen Körperchen, Corpusculum renis. Aus ihm geht mittelst eines kurzen Halsstückes ein stark gewundenes innerhalb der Rinde oder des Labyrinths gelegenes Rohr, der Tubulus contortus, hervor. Er bildet peripher vom Körperchen zahlreiche, dicht aneinander gelegene Windungen, tritt dann in den Markstrahl ein und geht unter allmählicher Kaliberabnahme in die Henle'sche Schleife über. Dieselbe dringt innerhalb der Pyramiden mehr oder weniger weit zentralwärts vor. Die beiden Schenkel der Schleife liegen dicht nebeneinander und unterscheiden sich durch ihr Kaliber. Bei den langen Schleifen (nach Peter kommen auf eine lange Schleife mindestens sieben kurze), ist der absteigende Schenkel und der Anfangsteil des aufsteigenden Schenkels dünn, der Rest des letzteren dicker, bei den kurzen Schleifen ist dagegen nur ein kleiner Abschnitt des ersteren dünn und sein Ende, sowie der ganze aufsteigende Schenkel dicker. Nun läuft das Kanälchen wieder zu seinem Körperchen hin, legt sich ihm dicht in mehrere Windungen an und geht in das schlingenförmig gewundene Schaltstück über, welches bogenförmig in das initiale Sammelrohr mündet. Das Schaltstück stellt das Ende der absondernden, das Sammelrohr den Anfang der ableitenden Strecke dar. Das letztere nimmt zunächst zahlreiche Schaltstücke auf und tritt dann in das Mark ein, dessen grössten Teil es durchsetzt ohne weitere Kanälchen aufzunehmen. Erst in der inneren Hälfte des Markes beginnen benachbarte Sammelröhren miteinander zu verschmelzen zu den Ausflussröhren die sich wieder zu den Ductus papillares vereinigen, von denen 10—24 auf jeder Papille ausmünden.

Alle die eben beschriebenen Abteilungen des Harnkanälchens besitzen als gemeinsame Umhüllung eine dünne, strukturlose Membrana propria, auf der nach innen Epithelzellen in einfacher Schicht aufsitzen. Höhe, Form und Struktur dieser Zellen zeigen in den einzelnen Abschnitten des Kanälchens ganz typische Unterschiede und sollen im folgenden einzeln besprochen werden.

Fig. 189.

Aus einem Schnitt durch die Rindensubstanz einer Affenniere.

Es ist ein Malpighi'sches Körperchen samt Anfangsstück des Harnkanälchens sichtbar. Ca. 350 mal vergrössert.

Das Malpighi'sche Körperchen hat einen Durchmesser von 0,13—0,22 mm und besteht aus zwei Teilen, nämlich dem den Kern des Körperchens bildenden Glomerulus und der diesen Kern schalenförmig umschliessenden Kapsel (Müller'sche oder Bowman'sche Kapsel) (Fig. 189). Während nämlich bei anderen Drüsen die Alveolen von den Blutgefässen korbartig umgeben werden, so herrscht hier das umgekehrte Verhalten. Die Blutgefässe liegen in Form eines Knäuels (Glomerulus) im Inneren des

Körperchens und werden umhüllt von dem sezernierenden Epithel (Bowman'sche Kapsel). Um den Bau des Malpighi'schen Körperchens recht zu verstehen, muss man sich vorstellen, dass ursprünglich zwei getrennte Bestandteile vorhanden sind, eine kugelige Alveole, welche das Ende eines Harnkanälchens bildet und eine Gefässschlinge, welche der Alveole entgegenwächst und sie an dem der Kanälchenmündung entgegengesetzten Pole einstülpt. Dadurch, dass diese Gefässschlinge sich durch Sprossung immer mehr vergrössert und immer weiter gegen das Innere der Alveole vordrängt, wird aus der letzteren zunächst ein doppelwandiger Becher und schliesslich eine doppelwandige Kapsel. Die eine Wand, parietale Wand, umhüllt das Körperchen äusserlich. Sie bildet die direkte Fortsetzung der Harnkanälchenwand und geht an dem der Harnkanälchenmündung entgegengesetzten Pol des Körperchens ringförmig in die viszerale, innere Wand über, die von der ersteren nur durch einen schmalen Spaltraum getrennt wird (Fig. 189). Es besitzt also diese doppelwandige Kapsel an jener Stelle (der ursprünglichen Einstülpungsstelle) eine Öffnung, deren Rand die Umschlagsstelle der äusseren in die innere Wand darstellt. Durch sie tritt ein Blutgefäss, Vas afferens, in das Kapselinnere ein, verzweigt sich und bildet durch Anastomose der einzelnen Teiläste den Glomerulus. Die einzelnen Teiläste sammeln sich dann wieder zu einem abführenden Gefäss, Vas efferens, welches durch dieselbe Öffnung dicht neben dem Vas afferens das Körperchen verlässt. Der Glomerulus füllt dabei das Innere des Malpighi'schen Körperchens so vollkommen aus, dass die viszerale Wand der Kapsel sich den Gefässschlingen des Glomerulus dicht anschmiegt und als ein äusseres Epithel derselben imponiert.

Wir müssen also an jeder Kapsel eine Membrana propria, ein parietales und ein viszerales Epithel unterscheiden. Die Membrana propria ist eine dünne, strukturlose Membran, welche an der Eintrittsstelle der Gefässe sich noch eine Strecke auf den Glomerulus überschlägt, dann aber sehr bald verschwindet. Nach aussen wird die Membran und mit ihr das ganze Körperchen umhüllt von fibrillärem Bindegewebe, das aber unter normalen Verhältnissen nur sehr spärlich entwickelt ist. Das parietale Epithel sitzt jener Membran direkt auf und besteht aus unregelmässig polygonalen, ziemlich grossen und ganz platten Zellen, deren Kern den Zellkörper nach innen etwas vorbuchtet. An der Eintrittsstelle des Harnkanälchens werden die flachen Zellen rasch höher und gehen in das kubische Epithel des Kanälchens über. Das viszerale Epithel

besteht aus ganz ähnlichen Zellen, die aber in der Niere des Erwachsenen nicht leicht zu erkennen sind. Beim Neugeborenen sind die Zellen noch kubisch und deshalb leichter zu sehen. Beim Erwachsenen platten sie sich stark ab, sie liegen direkt der Wand der Gefässschlingen auf, bekleiden die letzteren kontinuierlich und dringen dabei zwischen die einzelnen Läppchen des Glomerulus tief ein (Fig. 189).

Der Tubulus contortus, auch als Tubulus contortus I. ordinis bezeichnet, entwickelt sich meist aus dem nach innen gerichteten Teil der Kapsel mittelst einer halsartigen Einschnürung. Seine Windungen liegen, wie schon vorher erwähnt, zum grössten Teile peripher vom Körperchen, kehren aber dann wieder zu ihm zurück, um weiter zentralwärts in die Henle'sche Schleife überzugehen. Er erscheint im frischen Präparat immer dunkel und hebt sich dadurch von dem Anfangsteil der Henle'schen Schleife ab, der immer hell und durchsichtig ist. Die Dicke des Kanälchens beträgt 38—42 μ. Auch hier haben wir aussen die strukturlose Membrana propria, der nach innen das einschichtige Epithel aufsitzt. Die Epithelzellen sind kubisch bis niedrig zylindrisch. Das Lumen ist verhältnismässig eng. Seine Weite schwankt je nach der Sekretionstätigkeit. Bei starker Sekretion ist das Lumen weiter, die Zellen sind niedriger, im Ruhezustand dagegen das Lumen enger, die Zellen höher (Sauer). Die den Tubulus contortus auskleidenden Zellen lassen sich nur schwer gegeneinander abgrenzen, da ihre Zellgrenzen mit zackigen Rändern ineinander greifen und meist nur sehr undeutlich zu erkennen sind (Fig. 190). Sie besitzen einen grossen, ovalen, in der Zellmitte gelegenen oder mehr dem Lumen genäherten Kern. Der Zellkörper ist trübe, enthält zahlreiche feine Körnchen und zeigt, ganz ähnlich wie bei den Zellen der Speichelröhren, in seiner basalen Hälfte eine sehr deutliche Stäbchenstruktur. Nach der Ansicht von R. Heidenhain, die in neuester Zeit wieder von Takaki verteidigt worden ist, stellen die Stäbchen homogene oder körnige, dicht und parallel nebeneinander gelagerte zylindrische

Fig. 190.

Querschnitt eines gewundenen Kanälchens von der Niere des Kaninchens.

Die Grenzen der Epithelzellen sind nicht zu sehen. Nur drei Kerne sind getroffen. Die Stäbchenstruktur und der Bürstenbesatz sind gut sichtbar. Ca. 1100mal vergrössert.

fransenartige Fortsätze des Zellkörpers dar, Sauer dagegen lässt die Stäbchen innerhalb des Zellprotoplasmas selbst durch Hintereinanderlagerung von Körnchen zustande kommen.

Die dem Lumen zugekehrte freie Oberfläche der Zelle ist bedeckt von einem niedrigen Saum kurzer starrer Borsten, dem sog. Bürstenbesatz (Tornier, Nussbaum, Lorenz, van der Stricht, Nicolas, Sauer), dessen Höhe und Aussehen während der Sekrtetionstätigkeit grossen Schwankungen unterliegt. In der

Fig. 191.

Aus einem Querschnitte durch die Basis der Pyramide einer Affenniere.

S R = Sammelröhre; Ab H = Absteigender Schenkel der Henle'schen Schleife; Af H = Aufsteigender Schenkel der Henle'schen Schleife; Bl = Blutgefässe; Bd = Interstitielles Bindegewebe. Ca. 500 mal vergrössert.

Mitte der Zelloberfläche, dicht unter dem Bürstenbesatz findet sich nach Zimmermann ein doppeltes Zentralkörperchen (Fig. 190).

Die Henle'sche Schleife. An ihr unterscheiden wir, wie wir früher sahen, einen absteigenden und einen aufsteigenden Schenkel. Der Tubulus contortus geht unter allmählicher Verdünnung in den absteigenden Schenkel der Schleife über, indem an Stelle der eben beschriebenen kubischen Zellen ganz flache, helle Zellen treten. Dieser Übergang ist immer ein plötzlicher und findet beim Menschen in allen Kanälchen in der gleichen Höhe statt und zwar in den äusseren Partien des Markes. Die Dicke

dieses hellen Abschnittes der Henle'schen Schleife beträgt 9—15 μ, dabei ist das Lumen des Kanals relativ weit. Die Membrana propria ist sehr stark, die auskleidenden Zellen stellen dünne Platten dar, von denen oft eine einzige das Lumen rundum begrenzt. Da der Kern den Zellkörper nach innen vorbuchtet, so wird der Innenkontur leicht wellig. Auf dem Querschnitt hat ein solches Kanälchen grosse Ähnlichkeit mit einer Blutkapillare (Fig. 191).

Die Ausdehnung, welche dieser helle Abschnitt der Henleschen Schleife erreicht, ist ausserordentlich verschieden. Bei den langen Schleifen ist der ganze absteigende Schenkel und auch noch ein beträchtlicher Teil des aufsteigenden Schenkels hell und dünn, bei den kurzen Schleifen dagegen erreicht der helle Abschnitt nur eine ganz geringe Länge und nimmt nur einen Teil des absteigenden Schenkels ein.

An den hellen Abschnitt der Henle'schen Schleife schliesst sich der trübe Abschnitt, indem an Stelle der platten, hellen Zellen dunkle, kubische Zellen treten. Auch hier ist der Übergang ein plötzlicher, er findet, wie aus dem vorhergehenden erhellt, bei den kurzen Schleifen im Endabschnitt des absteigenden, bei den langen Schleifen im Anfangsteil des aufsteigenden Schenkels statt und erfolgt immer unter beträchtlicher Verdickung des Kanals von 15 auf 30 μ. Die Epithelzellen zeigen eine ähnliche Stäbchenstruktur wie im Tubulus contortus. Das Lumen ist relativ eng.

Während man früher annahm, dass der aufsteigende Schenkel der Henle'schen Schleife bis zum Schaltstück den gleichen Bau zeigt, hat Peter nachgewiesen, dass in dem aufsteigenden Schenkel, kurz bevor er in die Rinde eintritt, an Stelle der dunklen Zellen wieder helle, niedrigere Zellen treten. Das Kanälchen nimmt dabei noch etwas an Umfang zu, von 30 auf 33 μ, sein Lumen wird beträchtlich weiter. Es läuft nun der Schenkel direkt wieder auf sein zugehöriges Malpighi'sches Körperchen zu, beschreibt in seiner unmittelbarsten Nähe ein oder zwei Windungen und geht in das Schaltstück über.

Das Schaltstück, auch als Tubulus contortus II. ordinis bezeichnet, zeigt wieder den Bau des Tubulus contortus, seine Dicke ist ungefähr dieselbe wie dort, doch sind die auskleidenden Zellen niedriger, das Lumen weiter. Das Schaltstück stellt eine rückläufige Schlinge (Peter) dar, in der die Zellen sich allmählich immer mehr aufhellen, je näher wir dem Sammelrohr kommen. Man hat

deshalb auch von einem besonderen Verbindungsstück mit hellem Epithel zwischen Schaltstück und Sammelrohr gesprochen.

Das Sammelrohr wird ausgekleidet von hellen, kubischen Zellen, ohne Stäbchenstruktur, mit einem kugeligen, in der Zellmitte gelegenen Kern (Fig. 191). In jeder Zelle findet sich, ebenso wie in den Zellen aller anderen Kanalabschnitte, ein dicht unter der Oberfläche gelegenes doppeltes Zentralkörperchen (Zimmermann). Ganz den gleichen Bau weisen auch die Ausflussröhren und die Ductus papillares auf, nur dass mit der Zunahme des Kanalumfanges auch die Höhe der auskleidenden Zellen steigt, so dass aus den kubischen Zellen bald niedrige und schliesslich hohe Zylinderzellen werden.

Das Bindegewebe ist in der Niere im allgemeinen nur recht spärlich vorhanden. Es umgibt die ganze Niere in Form einer derben, festen, auch glatte Muskelzellen führenden Tunica albuginea und dringt von hier aus in feinen Zügen in die Nierenrinde ein. Hier findet es sich in ganz minimaler Menge um die Tubuli contorti herum. Etwas stärker, aber unter normalen Verhältnissen immer noch sehr gering, ist es um die Malpighischen Körperchen herum entwickelt und seine stärkste Entwickelung erreicht es in den Pyramiden, wo es die Ausflussröhren in grösserer Menge umscheidet.

Die Arterien der Niere sind Zweige der Art. renalis, die in grösserer oder geringerer Entfernung von der Aorta in ihre Hauptäste zerfällt. Kurz bevor oder kurz nachdem die letzteren in die Niere eingedrungen sind, geben sie zahlreiche Gefässe zu dem die Niere umgebenden Fettgewebe (Capsula adiposa renis). Die Äste der Art. renalis sondern sich in ventrale und dorsale Äste, das Verbreitungsgebiet der ersteren ist grösser, als das der letzteren, so dass jene auch noch über den Margo lateralis herüber auf die Dorsalfläche übergreifen (Zondek). Die Arterien treten zwischen die Pyramiden ein und dringen als Arteriae interlobares bis zur Grenze zwischen Mark und Rinde vor. Hier angekommen biegen sie im stumpfen Winkel ab und verlaufen nun parallel zur Nierenoberfläche (Arteriae arciformes). Von der konvexen Seite dieser Arterienbogen zweigen sich nun in beinahe gleichen Abständen kleine Arterien ab und verlaufen direkt radiär gegen die Nierenoberfläche hin (Arteriae interlobulares) (Fig. 187). Diese für die Niere ausserordentlich charakteristischen Gefässe durchsetzen fast die ganze Dicke der Rinde und geben unter allmählicher Verschmälerung nach allen Seiten kurze Äste ab, die als

Vasa afferentia in die Malpighi'schen Körperchen eindringen und die Glomeruli bilden (Fig. 192). Das Vas afferens ist ebenso, wie das aus dem Glomerulus austretende Vas efferens als Arterie aufzufassen, wir haben also in dem Glomerulus ein sog. arterielles Wundernetz vor uns.

Das aus dem Glomerulus das Blut abführende Vas efferens wendet sich zum Markstrahl und zerfällt in engmaschige Kapillaren, welche die hier gelegenen geraden Kanälchen umspinnen. Beim Eindringen in die Rindensubstanz werden die Kapillarmaschen wieder mehr rundlich und umspinnen die Tubuli contorti und die Schaltstücke. Die Kapillarmaschen sammeln sich schliesslich zu kleinen Venen, die dicht neben und parallel zu den Arteriae interlobulares verlaufen, Venae interlobulares (Fig. 187). Sie münden ein in die, entsprechend den gleichnamigen Arterien verlaufenden Venae arciformes.

Fig. 192.
Glomerulus aus einer injizierten Niere des Menschen.
Man sieht ein Vas afferens und efferens. Ca. 160 mal vergrössert.

Die äussersten Enden der Arteriae interlobulares lösen sich in Kapillaren auf, welche die gewundenen Kanälchen der äussersten Rinde umspinnen. Nicht selten aber dringen diese Arterien auch durch die Rinde hindurch, gelangen in die Tunica albuginea und anastomosieren mit den Kapselarterien. Es bildet sich so ein Kollateralkreislauf zwischen Nierenparenchym und Nierenkapsel, so dass z. B. bei Verschluss eines Parenchymastes der Nierenarterie der betr. Abschnitt auf dem Wege der Kapselarterien indirekt mit Blut versorgt werden kann (Hyrtl, Hoyer, Steinach, Geberg, Golubew). Das venöse Blut, das aus den äussersten Rindenbezirken abfliesst, sammelt sich unter der Kapsel in kleinen Venen, deren Ästchen sich sternförmig vereinigen (Venae stellatae, Stellulae Verheynii) und den Anfang der Venae interlobulares bilden.

Die Marksubstanz wird teils durch die Ausläufer der Kapillaren der Rindensubstanz versorgt, teils durch die Arteriolae rectae. Diese letzteren haben einen zweifachen Ursprung. Zum grössten Teil

entspringen sie direkt von der konkaven Seite der Arterienbogen, welche die Arteriae arciformes bilden, zum kleineren Teil sind sie nichts anderes als Vasa efferentia der tiefer liegenden Glomeruli. Sie bilden langgestreckte Kapillarmaschen, welche die Henle'schen Schleifen, Sammelröhren, Ausflussröhren und Ductus papillares umspinnen und sich zu den in die Venae arciformes mündenden Venulae rectae sammeln. Direkte Anastomosen zwischen Arterien und Venen sind in der Nierenkapsel von Geberg, in der Niere selbst von Golubew beschrieben worden.

Die Lymphgefässe der Niere haben ihre Wurzeln in Spalträumen, welche überall zwischen den Harnkanälchen vorhanden sind in dem hier spärlichen Bindegewebe. Der Abfluss ist ein doppelter. Einmal ergiessen sich diese Spalträume in Lymphgefässe, welche die grösseren und mittleren Blutgefässe begleiten und mit ihnen aus der Niere heraustreten. Andererseits aber stehen sie auch mit einem Netz von Lymphgefässen in Verbindung, welches die Tunica albuginea durchsetzt (Ludwig und Zawarykin, Budge.)

Mit Nerven ist die Niere sehr reichlich versorgt. Sie dringen mit den Gefässen ein, umspinnen die Harnkanälchen und endigen mit feinen varikösen Fäserchen, die in Endknöpfchen auslaufen, an den Zellen der Harnkanälchen (Retzius, Berkley, Smirnow). Azoulay und Evant sahen die Nerven auch mit dem Vas afferens in das Malpighi'sche Körperchen eindringen und an den Zellen des Kapselepithels endigen.

2. Die ableitenden Harnwege.

a) Nierenkelche, Nierenbecken, Harnleiter und Harnblase.

Der erste Abschnitt der harnabführenden Wege, der nun zu betrachten wäre, setzt sich zusammen aus den die Papillae renales umfassenden Nierenkelchen, die sich wiederum zur Bildung des Nierenbeckens miteinander vereinigen. Das letztere verjüngt sich allmählich zum Harnleiter, der den Harn zu der als Sammelreservoir ausgebildeten Harnblase hinleitet. Da alle diese Teile eine gewisse Übereinstimmung in ihrem Bau zeigen, sollen sie im folgenden im Zusammenhang besprochen werden.

Wir können in den Ausführwegen der Niere unterscheiden: 1. eine Schleimhaut, 2. eine Submucosa, 3. eine Muskelhaut, und 4. eine Faserhaut.

1. Das Epithel der harnabführenden Wege ist ein sog. Übergangsepithel, d. h. ein mehrschichtiges Epithel, bei dem die tiefsten Lagen aus kubischen, die mittleren Lagen aus sehr verschiedenartigen zylindrischen, kubischen, kolbigen, polyedrischen und die oberflächlichste Lage aus platteren, oft mehrkernigen Zellen bestehen (Fig. 193, 194). Die letzteren bezeichnet man ihrer eigenartigen Form wegen gewöhnlich als Schirmzellen. Die Dicke des Epithels ist grossen Schwankungen unterworfen, sie beträgt im Mittel 60—70 μ. Die freie Oberfläche der Nierenpapillen ist als Fortsetzung des Epithels der Ductus papillares mit einem einfachen kubischen Epithel überzogen, welches an der Umschlagsstelle der Nierenkelche

Angeschnittene Epithelzelle
Epithelzelle mit zwei Kernen
Leukozyt
Tunica propria

Fig. 194.

Aus einem senkrechten Durchschnitt der Blasenschleimhaut des Affen.

Ca 300mal vergrössert.

in das Übergangsepithel übergeht. Zwischen den Epithelzellen des Nierenbeckens finden sich ausserdem spindlige, die ganze Dicke des Epithels bis unter die Deckzellen durchsetzende Elemente. Es sind das Bindegewebezüge, Fibrillen und Fibroblasten, welche aus der Tunica propria aufsteigen (Disse). Mit diesen Bindegewebszellen dringen auch Blutkapillaren in das Epithel ein und wir haben so hier einen der seltenen Fälle von vaskularisiertem Epithel vor uns. Ureter und Blase zeigen ganz entsprechendes Verhalten.

Die Propria der harnabführenden Wege besteht aus fibrillärem Bindegewebe mit ziemlich zahlreichen elastischen Fasern (Fig. 193). Eine Basalmembran zwischen Propria und Epithel fehlt. Im Nierenbecken ist die Schleimhaut faltenlos, im Ureter dagegen legt sie sich im leeren Zustand in zahlreiche Längsfalten und in der kontrahierten Blase bildet die Schleimhaut ein ganzes System netz-

artig miteinander verbundener Falten. Nur das Trigonum vesicae ist faltenlos.

Das Vorkommen von Drüsen in den harnabführenden Wegen ist eine viel diskutierte Streitfrage. Nach den neuesten Untersuchungen (von Brunn, Disselhorst, Aschoff, Disse) dürfen wir Nierenbecken und Ureteren als drüsenfrei bezeichnen. Auch der grösste Teil der Harnblase ist drüsenfrei, wenn man einfache Schleimhautkrypten nicht als Drüsen bezeichnen will. Dagegen findet man in der Nähe des Orificium urethrae internum nicht selten verzweigt tubulöse Drüsen, die als „verlagerte Urethraldrüse“ aufzufassen sind.

2. Die Propria geht ohne scharfe Grenze in die Submucosa über. Die letztere ist im Nierenbecken nur sehr schwach, etwas stärker im Ureter und am stärksten in der Harnblase entwickelt. Sie besteht aus fibrillärem Bindegewebe mit elastischen Fasern vermischt und enthält in der Harnblase auch glatte Muskelzellen.

3. Die Muskelhaut findet sich in allen Teilen der harnabführenden Wege und setzt sich überall aus glatten, zu Bündeln vereinigten Muskelzellen zusammen. Im Nierenbecken finden sich innere Längs- und äussere Ringmuskeln, die aber keine ununterbrochene Muskelhaut bilden, sondern mehr netzartig angeordnet sind, an manchen Stellen auch ganz fehlen. In den Nierenkelchen umfassen die Ringmuskeln die Basis der Papillen und sind von Henle als besonderer „Ringmuskel der Papille“ beschrieben worden. Erst in den mittleren Abschnitten des Ureters kann man von einer kontinuierlichen Muskelhaut sprechen. Hier haben wir zunächst eine mächtige Lage von inneren Längsmuskeln, dann folgt eine mittlere Lage von zirkulär verlaufenden Zellen und schliesslich wird letztere nach aussen noch von einer schwächeren äusseren Längsmuskelschicht bedeckt (Fig. 193). Beim Übergang der Ureteren in die Blase behält die Ureterenmuskulatur ihre Selbständigkeit gegenüber der Blasenmuskulatur; so kommt es, dass die wellenförmigen von oben nach unten über den Ureter verlaufenden Kontraktionen, durch welche der Harn in die Blase befördert wird, sich nicht auf die Blasenmuskulatur fortsetzen.

Die Muskulatur der Blase besteht zunächst aus der Muskulatur der Submucosa, dann folgt die eigentliche Muscularis mit inneren Ringmuskeln und äusseren Längsmuskeln. Die submukösen Muskeln sind im Blasenkörper nur schwach entwickelt, im Blasengrund dagegen bilden sie eine mächtige Muskelplatte, die sich mit den Muskeln des Orificium urethrae internum zum Musculus sphincter

vesicae internus vereinigen. Die Ringmuskeln bilden eine dicke, ziemlich gleichmässige Schicht, die Längsmuskelschicht ist dünner und ungleichmässiger entwickelt.

4. Die Faserhaut, Adventitia liegt äusserlich der Muscularis auf, sie besteht aus lockerem Bindegewebe und es verlaufen in ihr die gröberen Nerven- und Gefässstämme.

Die Blutgefässe bilden im Nierenbecken drei Schichten, so dass die gröberen Stämme am weitesten nach aussen, die Kapillaren unmittelbar unter dem Epithel liegen (Disse). Dass die letzteren mit dem Bindegewebe in das Epithel selbst eindringen, ist bereits früher erwähnt worden. Ein ganz ähnliches Verhalten haben wir in den Ureteren, nur finden sich hier zwei Kapillarnetze, eines unter und in dem Epithel, ein zweites innerhalb der Muskelhaut. Auch die Harnblasenwand besitzt zwei derartige Kapillarnetze.

Lymphgefässe finden sich im Ureter sowohl in der Propria, als auch in der Muscularis (W. Krause), in der Harnblase sollen sie dagegen nur in der Muscularis anzutreffen sein (Gerota, Disse).

Die Nerven bilden in der Adventitia des Ureters zunächst einen weitmaschigen Grundplexus (Engelmann), von ihm steigen die Fasern zu der Muskulatur und zum Epithel. Innerhalb der Muskulatur sollen sich ausserdem sympathische Zellen finden (Maier, Protopow, Disse). In der Adventitia der Harnblase trifft man immer grössere und kleinere Haufen von Ganglienzellen, mit denen sich zahlreiche Nerven aus dem Plexus vesicalis verbinden. Aus diesen Ganglien treten die Zweige zu den Muskeln und zum Epithel. Im letzteren enden sie nach Retzius frei. Auch innerhalb der Muscularis scheinen sensible Fasern mit baumförmigen Verzweigungen zu enden.

b) Die Harnröhre.

Die Harnröhre des Mannes.

An der männlichen Harnröhre können wir die gleichen Schichten unterscheiden, wie an den übrigen Teilen der harnabführenden Wege.

Das Epithel zeigt in den einzelnen Abschnitten der Harnröhre verschiedenen Charakter. Zunächst schlägt sich das Harnblasenepithel auch auf die Urethra über und ihre Pars prostatica ist mit demselben geschichteten Epithel ausgekleidet, das wir dort

als Übergangsepithel kennen gelernt haben. An seine Stelle tritt beim Übergang der Pars prostatica in die Pars membranacea ein Zylinderepithel, das bald nur als mehrreihig, bald als mehrschichtig beschrieben wird. Wir haben eine oberflächliche, das Lumen in einfacher Schicht auskleidende Lage langer, zylindrischer Zellen, an die sich basalwärts eine oder auch vielleicht mehrere Lagen kubischer, mehr oder weniger langausgezogener Zellen schliessen. Die oberflächlichen Zylinderzellen können entweder die untere Grenze des Epithels erreichen, dann haben wir mehrreihiges Epithel oder sie erreichen dieselbe nicht, dann kann man von einem mehrschichtigen Epithel sprechen. An einzelnen Stellen, besonders in der Pars membranacea, können die tieferen Zellschichten vollkommen fehlen, so dass wir hier dann ein einfaches Zylinderepithel haben. Augenscheinlich finden sich in dieser Beziehung in der Epithelauskleidung der männlichen Harnröhre beträchtliche individuelle Schwankungen. Von dem beschriebenen Zylinderepithel werden immer die Partes membranacea und cavernosa ausgekleidet. Nach hinten zu kann sich das Epithel über einen grösseren oder kleineren Abschnitt der Pars prostatica erstrecken, bis über den Colliculus seminalis hinaus, der aber selbst wohl immer von geschichtetem Übergangsepithel überzogen ist. Nach vorn zu reicht das Zylinderepithel bis in den Anfang der Fossa navicularis, deren grösster Teil jedoch, ebenso wie das Orificium externum urethrae von geschichtetem Plattenepithel ausgekleidet ist, welches an der äusseren Harnröhrenmündung in die Epidermis der Eichel übergeht.

Die Tunica propria ist in der Harnröhrenschleimhaut überall gut entwickelt. Sie besteht aus fibrillärem Bindegewebe und bildet überall in das Epithel vorspringende Papillen, die aber in den hinteren Abschnitten der Urethra sehr spärlich sind und erst in der Fossa navicularis zahlreicher werden.

Die Propria geht ohne scharfe Grenze in die Submucosa über, die zahlreiche Blutgefässe enthält.

In der Propria sowohl, als auch in der Submucosa finden sich zahlreiche Drüsen, die unter dem Namen der Glandulae urethrales oder Littre'schen Drüsen bekannt sind. Man kann sie nach Herzog und Lichtenberg in subepitheliale und submuköse Drüsen unterscheiden. Die ersteren bestehen aus einer, seltener mehreren Alveolen, die in der Tunica propria liegen und gemeinsam in das Lumen der Harnröhre münden. Sie sind ausgekleidet mit zylindrischen, stark gekörnten Zellen. Der Kern

liegt nahe der Zellbasis. Die submukösen Drüsen dagegen ragen bis in das Gewebe des Corpus cavernosum urethrae hinein. Sie treten erst jenseits der Einmündungsstelle der Cowper'schen Drüsen auf. Ihre Ausführungsgänge durchsetzen die Schleimhaut schräg von hinten nach vorn und sind ausgekleidet mit hellen Zylinderzellen. Die Drüsen sind verzweigt alveotubulär. Ihr Epithel besteht aus stark gekörnten Zylinderzellen mit basal gelegenem Kern.

Als Lacunae urethrales, Morgagni'sche Lakunen, bezeichnet man seichte Einsenkungen der Harnröhrenschleimhaut, die mit Drüsen nichts zu tun haben. Sie sind mit Harnröhrenepithel ausgekleidet. In ihrer Tiefe können sich die oben beschriebenen Drüsen öffnen.

Eine eigene Muskulatur, bestehend aus glatten Muskelzellen, können wir an der Harnröhre nur in der Pars prostatica, der Pars membranacea und dem hinteren Drittel der Pars cavernosa unterscheiden. Sie ordnet sich in einer inneren Längs- und einer äusseren Ringmuskulatur an, von denen erstere im allgemeinen stärker ist, als letztere.

Die Blutgefässe der Harnröhre sind sehr reich entwickelt, sie werden im Zusammenhang mit denen des Penis abgehandelt werden.

Die Nerven bilden Geflechte und enden teils frei im Epithel, teils in besonderen Endkörperchen (siehe Nervenendigungen).

Die Harnröhre des Weibes.

Die Epithelverhältnisse sind in der weiblichen Harnröhre viel einfacher, als in der männlichen. Auch hier schlägt sich das Blasenepithel auf den Anfangsteil der Harnröhre über, macht aber schon sehr bald einem geschichteten Plattenepithel Platz, das dann die Harnröhre bis zum Orificium externum auskleidet.

Die Tunica propria und die Submucosa gehen auch hier ohne scharfe Grenze ineinander über, sie enthalten mächtige, längsmaschige, venöse Plexus, die man in ihrer Gesamtheit auch als Corpus spongiosum bezeichnet hat. Die Propria bildet starke, längsverlaufende Leisten, so dass die Schleimhaut in Form von Längsfalten ins Lumen der Harnröhre vorspringt.

Auch die weibliche Harnröhre enthält zahlreiche Drüsen in Form kurzer, bauchiger Einstülpungen der Schleimhaut. Sie erinnern in ihrem Bau an die Talgdrüsen und produzieren nach R. Virchow ein Sekret, das dem der Prostata ähnlich ist.

Die Muskulatur ist auch in der weiblichen Harnröhre in zwei Schichten angeordnet. Auf eine innere Längsmuskelschicht, deren Zellen bis zwischen die Venen des Corpus spongiosum eindringen, folgt eine äussere, ungefähr gleich stark entwickelte Ringmuskelschicht. Noch weiter nach aussen trifft man dann auf zerstreute Züge quergestreifter Muskelfasern, die ringförmig angeordnet sind und dem Musc. transversus perinei profundus angehören.

V. Das Fortpflanzungssystem.

Das Fortpflanzungssystem ist ein Organsystem, dem die ausserordentlich wichtige Aufgabe zufällt, die Geschlechtsprodukte zu iefern, Ei und Samenfaden, durch deren Vereinigung die Entstehung eines neuen Lebewesens der gleichen Art in die Wege geleitet wird. Es dient so das Fortpflanzungssystem der Erhaltung der Art. Den Hauptbestandteil dieses Systems bilden drüsenartig gebaute Organe, im männlichen Geschlecht der Hode, im weiblichen der Eierstock, die vom Epithel der Leibeshöhle, also vom mittleren Keimblatt abstammen. Die Produkte, welche diese Drüsen liefern sind Zellen oder haben doch den Wert von Zellen. Sie werden durch besondere Ausführwege abgeführt, welche sich in engster Beziehung zu den Harnorganen entwickeln. Im Anschluss an diese Ausführwege bilden sich dann noch besondere Hilfsorgane aus, die beim männlichen Geschlecht der Begattung, beim weiblichen ausserdem noch zur Aufnahme des befruchteten und sich entwickelnden Eies dienen.

1. Die männlichen Geschlechtsorgane.

Die männlichen Geschlechtsorgane bestehen:

a) aus dem Hoden, der Samen bereitenden Drüse,

b) aus den Samen abführenden Wegen, die sich wiederum gliedern in Nebenhoden, Samenleiter mit Ampulle und Samenblase und Ausspritzgang,

c) aus dem Begattungsorgane, der Ruthe und

d) aus den akzessorischen Drüsen, als da sind Vorsteherdrüse und Cowper'sche Drüsen.

a) Der Hode.

Der Hode, Testis, stammt in seinem wichtigsten Teil von dem die Leibeshöhle auskleidenden Epithel ab, das sich auf der medialen und lateralen Fläche der Urnieren zu dem Keimepithel ausbildet. Von ihm aus entsteht der Hode durch Einstülpung nach Art einer verzweigt tubulösen Drüse. Mit ihr treten dann Kanälchen in Verbindung, die von der Urniere in die Hodenanlage hineinwachsen, sie dienen aber nicht mehr der Samenbereitung selbst, sondern nur der Abführung des Samens innerhalb des Hodens.

Der Hode liegt ursprünglich innerhalb der Bauchhöhle, steigt aber schon vom dritten Embryonalmonat ab durch das Becken herab und kommt gegen das Ende der Schwangerschaft in eine bruchsackartige Ausstülpung der Bauchhöhle zu liegen, welche man als Hodensack bezeichnet. Letzterer umschliesst ausser dem Hoden auch noch den Nebenhoden und den Anfang des Ductus deferens. Äusserlich wird der Hodensack bekleidet von der dünnen, an Schweiss- und Talgdrüsen reichen äusseren Haut, an die sich nach innen das hier mit starken glatten Muskeln durchsetzte subkutane Gewebe anschliesst. Man bezeichnet es als Tunica dartos. Nun kommt weiter die dünne bindegewebige Fascia cremasterica oder Cowper'sche Faszie und der aus quergestreiften Fasern bestehende Musc. cremaster. Die nun folgende Tunica vaginalis communis kleidet den gesamten Hodensack als derbe, an elastischen Fasern reiche, bindegewebige Haut aus. Auf ihrer Innenfläche findet sich eine Lage glatter Muskelzellen, die man auch als Musc. cremaster internus bezeichnet. Was nun noch von Hüllen nach innen zu folgt, ist das von dem Hoden aus der Bauchhöhle ausgestülpte Peritoneum, die Tunica vaginalis propria. Sie bildet wie alle serösen Häute auch hier ein viszerales, den Hoden überziehendes und ein parietales, die Höhle auskleidendes Blatt, welche beide ineinander übergehen. Von aussen nach innen treffen wir natürlich zuerst auf das letztere, die Lamina parietalis tunicae vaginalis propriae. Sie besteht aus einer dünnen Bindegewebslage, die nach innen von einem einschichtigen platten Epithel bedeckt ist, dessen Zellen nicht selten Pigment enthalten. Die Lamina visceralis tunicae vaginalis propriae zeigt genau denselben Bau. Sie wird von der vorigen durch einen minimalen, einen abgetrennten Teil der Bauchhöhle darstellenden Spaltraum, das Cavum vaginale, getrennt (Fig. 195).

Ganz ähnlich wie die Leber, Niere und andere drüsige Organe der Bauchhöhle besitzt auch der Hode eine ihn allseitig umhüllende, bindegewebige Kapsel, die wir hier als *Tunica albuginea* bezeichnen. Sie ist eine ca. 0,5 mm dicke, feste, derbe Membran, die mit der vorigen untrennbar verschmolzen ist und in das Innere

Fig. 195.

Querschnitt des Hodens eines 2 1/2 jährigen Knaben.

7 mal vergrössert.

des Organs bindegewebige Septen hineinschickt. Diese *Septula testis* trennen das Hodenparenchym in die einzelnen *Lobuli testis* und konvergieren sämtlich nach der hinteren oberen Ecke des Hodens, um sich hier in einer starken Bindegewebsmasse zu vereinigen, die als *Mediastinum testis* oder *Corpus Highmori* bezeichnet wird. Es springt als dicker Wulst in das Hodenparenchym

vor und birgt in seinen Maschen das gleich zu erwähnende Rete testis oder Rete Halleri (Fig. 195).

Jedes der ca. 300 Hodenläppchen hat die Form einer Pyramide, deren Basis aussen der Albuginea anliegt, deren Spitze sich gegen das Mediastinum wendet und setzt sich zusammen aus den Hodenkanälchen, den Tubuli seminiferi. An jedem Kanälchen können wir innerhalb des Läppchens einen samenbereitenden und

Fig. 196.

Aus einem Querschnitte eines menschlichen Hodens.

Ca. 125 mal vergrössert.

einen samenabführenden Abschnitt unterscheiden. Der erstere liegt im peripheren Abschnitt des Läppchens und wird wegen der zahllosen Windungen, in die er sich legt, als Tubulus contortus bezeichnet. Nach der Mitte des Läppchens zu vereinigen sich immer mehr Kanälchen miteinander, der Verlauf der Kanälchen wird mehr gestreckt, der Tubulus contortus geht in den Tubulus rectus über und damit auch der samenbereitende Abschnitt in den samenabführenden. Indem sich auch noch die Tubuli recti mit einander vereinigen, tritt schliesslich aus der Spitze eines jeden

Läppchens ein gerades Kanälchen aus und in das Mediastinum ein. Hier verbinden sich sämtliche Kanälchen zu einem Netzwerk, dem erwähnten Rete testis (Fig. 195).

Die Tubuli contorti stellen beim erwachsenen, geschlechtsreifen Manne sehr lange, 140—250 μ dicke Röhrchen dar. Sie endigen nur zum geringsten Teil blind, die meisten kommunizieren schlingenförmig mit ihren Nachbarn (Fig. 196). Jedes Kanälchen wird aussen umgeben von einer Membrana propria, welche aus lamellenförmig angeordneten Bindegewebsbündeln bestehen mit sehr feinen elastischen Fasernetzen. Ihr liegt nach innen das Epithel an, in dem wir zwei Arten von Zellen unterscheiden können: 1. Zylindrische, lange Zellen, welche durch die ganze Dicke des Epithels hindurch gehen und gewöhnlich als Sertoli'sche Zellen bezeichnet werden und 2. runde Samenzellen in mehrfacher Schicht. Diese letzteren sind es allein, welche das Sekret des Hodens, die Samenfäden oder Spermien liefern und zwar entstehen die letzteren durch Umbildung aus diesen Zellen. Deshalb findet man beim geschlechtsreifen Manne die Zellen in allen Stadien der Umwandlung begriffen; wie dies genauer erfolgt, soll in einem besonderen Kapitel auseinandergesetzt werden.

Die Tubuli recti besitzen einen geringeren Durchmesser als die Tubuli contorti. Auf der Membrana propria sitzt hier nach innen ein einschichtiges Zylinderepithel, dessen Zellen den Sertoli'schen Zellen der gewundenen Kanälchen homolog sind und ihre direkte Fortsetzung bilden. Beim Übergang in das Rete testis verlieren die Kanälchen ihre Membrana propria und ihr Epithel sitzt in Form einschichtiger, niedriger kubischer Zellen direkt dem Bindegewebe des Mediastinums auf.

Zwischen den Hodenkanälchen liegt innerhalb der Läppchen lockeres Bindegewebe, das von den Septen her in die Läppchen vordringt. In diesem interstitiellen Bindegewebe treten Zellen auf, die in Form von Nestern oder Strängen zusammenliegen und als Hodenzwischenzellen bezeichnet werden (Fig. 197). Über ihre Herkunft sind die Ansichten verschieden. Koelliker, Leydig, Waldeyer, Plato, Friedmann sehen in ihnen umgewandelte Fibroblasten, Hofmeister, von Mihalkovics, Nusbaum dagegen Abkömmlinge des Keimepithels und Regaud lässt sie durch Umwandlung aus Leukozyten entstehen. Es sind das ziemlich grosse (ca. 20 μ Durchmesser) rundliche oder polygonale Zellen mit einem oder zwei kugeligen Kernen. Der Zellkörper zeigt meist ein ex-

quisit netzmaschiges Protoplasma und enthält ein in der Nähe des Kerns gelegenes, doppeltes Zentralkörperchen. In den Maschen des Protoplasmas liegen wechselnde Mengen von Fett und Pigment. Von Reinke wurden in ihnen auch Kristalloide nachgewiesen, die aus einer eiweissartigen Substanz bestehen. Von diesen Reinke-schen Kristalloiden muss man die Lubarsch'schen Kristalloide unterscheiden, die in den Hodenepithelien sich finden. Eine dritte Sorte von Kristalloiden, die sich durch ihre Kleinheit auszeichnen, ist von Spangaro beschrieben worden. Sie finden sich ausschliesslich in den Sertoli'schen Zellen. Aller Wahrscheinlichkeit nach spielen diese Zwischenzellen für die Samenbildung eine nicht unwichtige Rolle, dafür spricht ihre starke Entwickelung im funktionierenden Hoden; Plato beobachtete das Übertreten von Fetttröpfchen aus den Zellen durch die Membrana propria hindurch in die Sertoli'schen Zellen. Sie sollen das für die reifenden Samenfäden nötige Fett resorbieren, aufspeichern und zur gelegenen Zeit abgeben.

Die Blutgefässe des Hodens stammen aus der Arteria spermatica interna. Ihre Äste dringen vom Mediastinum aus in die innerste Lage der Albuginea ein, gelangen von hier und vom Mediastinum selbst aus in die Septula und umspinnen dann die Hodenkanälchen mit einem weitmaschigen Kapillarplexus. Die aus letzterem entstehenden Venen zeigen den gleichen Verlauf wie die Arterien.

Die Lymphgefässe bilden ebenfalls Netze um die Kanälchen, dringen dann entweder direkt ins Mediastinum oder in die tieferen Schichten der Albuginea und sammeln sich zu mehreren im Samenstrang verlaufenden und in die Inguinaldrüsen eintretenden Stämmchen.

Die Nerven verhalten sich ähnlich wie die Gefässe. Sie bilden in den tieferen Schichten der Albuginea einen weiten Plexus, dringen in die Septula ein und umflechten von hier aus die Hodenkanälchen. Nach Sclavunos und Falcone dringen sie auch bis zwischen die Epithelzellen vor, Timofeew dagegen bestreitet das Vorkommen solcher intraepithelialer Fasern. Zilimbaris hat zwischen den Hodenkanälchen multipolare Nervenzellen nachgewiesen.

Der Samen.

Das von dem Hoden gelieferte Sekretionsprodukt stellt die Samenfäden dar, welche zusammen mit dem von den samen-

abführenden Wegen und den akzessorischen Geschlechtsdrüsen geliefertem Sekret den Samen bilden. Es ist das eine dicke, fadenziehende, klebrige, weissliche oder gelbliche Flüssigkeit, die 96,8 $^0/_{00}$ feste Bestandteile enthält. Davon sind 87,8 $^0/_{00}$ organischer und 9 $^0/_{00}$ anorganischer Natur. Die ersteren sind im wesentlichen Proteine und zwar hauptsächlich Nukleoproteid, daneben Muzin, Albumin und Albumosen. Beim langsamen Eintrocknen des Samens bilden sich in ihm Kristalle, die Böttcher'schen Spermakristalle, welche in kaltem Wasser nur schwer löslich sind, und wahrscheinlich eine Verbindung von Phosphorsäure mit einer Base, dem von Schreiner entdeckten Spermin, darstellen.

Fig. 198.
Samenfäden des Menschen. (Nach Retzius.)
Links von der Fläche, rechts von der Kante gesehen. Starke Vergrösserung (ca. 1200mal).

Als morphotische Elemente enthält der Samen neben geringen Mengen Leukozyten, kugeligen Konkretionen der Prostata und Epithelzellen, welche aus den samenabführenden Wegen stammen, die Samenfäden, Spermien oder Spermatozoen und zwar in 1 mm^3 ungefähr 60 000. Die frisch ejakulierten Spermien zeigen eine lebhafte, eigentümlich schlängelnde Bewegung, wobei der Faden fortwährend um seine Längsachse rotiert. Sie erreichen dabei nach Adolphi eine Geschwindigkeit von 14—23 μ pro Sekunde und sollen, um vom äusseren Muttermund bis zum Tubentrichter zu gelangen, ca. 3 Stunden brauchen. Gegen äussere Einwirkungen sind sie sehr widerstandsfähig und ihre Vitalität erhält sich lange. Geringer Alkaligehalt begünstigt die Beweglichkeit, saure Reaktion des Mediums schädigt sie.

Die Spermien des Menschen besitzen nach W. Krause eine Länge von 52—62 μ und lassen drei Hauptteile erkennen: Kopf, Verbindungsstück und Schwanz (Fig. 198).

Der Kopf hat eine Länge von 4—5 und eine Breite von 2—3 μ. Er hat die Form einer Scheibe, welche hinten dicker und etwas breiter, vorn dünner und etwas schmäler ist. Wir können an ihm ein Vorderstück, Pars anterior, und ein Hinterstück, Pars

posterior, unterscheiden, die durch eine nach vorn schwach konvexe Linie getrennt werden. Das Vorderstück nimmt die vorderen zwei Drittel, das Hinterstück das hintere Drittel des Kopfes ein, das erstere färbt sich mit basischen Farben immer etwas schwächer, als das letztere. Quer über den Kopf verlaufen drei mehr oder weniger durch Färbung deutlich darstellbare Bänder, von denen die beiden vorderen dem Vorderstück, das hintere dem Hinterstück angehört (Fig. 199 g und h). Bei den meisten Wirbeltieren sitzt dem Kopf vorn eine verschieden gestaltete Spitze auf, die als Perforatorium (Waldeyer) bezeichnet wird. Beim Menschen fehlt sie, hier wirkt die scharfe Vorderkante des Kopfes als Perforatorium.

Der Kopf besteht aus Chromatin, er färbt sich mit basischen Farbstoffen. Die Färbungsdifferenzen, die der Kopf zeigt, werden von Ries so erklärt, dass der Kopf nur einen Chromatinüberzug besitzt. Dieser Überzug soll sich ausdehnen und zurückziehen können infolge einer amöboiden Beweglichkeit.

Das Verbindungsstück ist ungefähr ebenso lang als der Kopf, aber wesentlich dünner (1 μ) und stellt einen Zylinder mit ovalem Querschnitt dar. Sein vorderster, sich aber beim Menschen nicht vom übrigen Verbindungsstück absetzender Abschnitt wird als Hals bezeichnet. Er setzt sich zusammen aus dem vorderen, in das hintere Ende des Kopfes eingelassene Zentrosom (vorderes Endknöpfchen von Meves) und einer homogenen Zwischenmasse, welche jenes mit dem im Anfang des eigentlichen Verbindungsstückes gelegenen vorderen Teil des hinteren Zentrosoms (hinteres Endknöpfchen von Meves) verbindet.

Das Verbindungstück enthält in seinem Innern den Achsenfaden, der eine fibrilläre Struktur besitzt und sich kontinuierlich vom vorderen Teil des hinteren Zentrosoms durch das Verbindungsstück hindurch in den Schwanz fortsetzt (Fig. 199 h). Der Achsenfaden wird im Bereiche des Verbindungsstückes von einer sehr dünnen Hülle umgeben, auf welche nach aussen der Spiralfaden folgt. Es ist dies ein kontraktiler Faden, der am vorderen Teil des hinteren Zentrosoms beginnt, in engen Spiralwindungen den Achsenfaden umkreist und am Ende des Verbindungsstückes im hinteren Teil des hinteren, in Form einer durchlöcherten Scheibe, der sog. Schlussscheibe (Ss), auftretenden Zentrosoms endet. Der Spiralfaden ist eingelagert in eine homogene Zwischensubstanz und umhüllt von einer äusseren protoplasmatischen Hülle,

die auch noch den Hals überzieht, gegen die Mitte eine Auftreibung zeigt und am hinteren Ende des Kopfes festhaftet.

Der Schwanz besitzt nach W. Krause eine Länge von 41—52 μ, seine Dicke beträgt am Vorderende ungefähr 1 μ und nimmt nach hinten allmählich ab. Er besteht aus dem Achsenfaden und der ihn umgebenden Hülle, die die verdickte Fortsetzung der inneren Hülle des Verbindungsstückes ist. Das letzte Ende des Schwanzes ist hüllenlos und endet kurz zugespitzt. Man stellt diesen kurzen hüllenlosen Endteil als Pars terminalis oder Endstück dem übrigen hüllentragenden Teil als Pars principalis oder Hauptstück zur Seite.

Die Spermiogenese.

Wir wollen nun in den folgenden Zeilen kurz schildern, wie sich die eben beschriebenen Samenfäden aus den Hodenzellen entwickeln. Die Spermiogenese beginnt beim Menschen mit dem Eintritt der Pubertät und dauert kontinuierlich an bis zum Eintritt des Greisenalters und zwar so, dass nicht alle Abschnitte des gewundenen Hodenkanälchens gleichzeitig in demselben Stadium der Samenbildung begriffen sind, sondern dass letztere wie eine Welle durch das Kanälchen verläuft. Ähnlich verhalten sich die domestizierten Tiere. Bei den wild lebenden Tieren tritt jedoch die Samenbildung in bestimmten Perioden, den Brunstperioden, auf und zwischen zwei Brunstperioden schiebt sich immer eine Ruheperiode. In der Brunstperiode zeigen dann alle Teile des gewundenen Hodenkanälchens die gleiche Entwickelungsphase der Spermien.

Vor der Pubertät können wir im Hodenkanälchen zwei Sorten von Zellen unterscheiden: die schon früher erwähnten Sertoli'schen Zellen oder Fusszellen und zwischen ihnen in mehreren Schichten die Ursamenzellen oder Stammzellen.

Die Fusszellen (Fig. 197) sind zylindrische Zellen, die mit breiter Basis der Membrana propria aufsitzen und die ganze Dicke des Epithels durchdringen. Ihr Körper ist sehr weich und wird durch die Stammzellen vielfach eingedrückt und eingebuchtet. Die Fusszellen enthalten einen grossen, ovoiden, an der Basis gelegenen Kern, die von Benda entdeckten fadenförmigen Mitochondrien und die schon früher erwähnten, kleinen Kristalloide (Lubarsch und Spangaro). Sie liegen in ziemlich gleichen Abständen und haben wahrscheinlich die Bedeutung von Nährzellen für die sich entwickelnden Spermien (v. Ebner, Benda, Plato, Peter u. a.).

Die Ursamenzellen (Fig. 197) sind ziemlich grosse, mehr oder weniger kugelige oder durch gegenseitigen Druck abgeplattete Zellen. Der runde Kern besitzt ein deutliches Kernkörperchen und sehr fein verteiltes Chromatin. Neben dem Kern liegen zwei Zentralkörper, die von einer dicken Hülle, dem Idiozom (Meves) umgeben sind.

Aus diesen Ursamenzellen bilden sich nun beim Beginn der Pubertät die Spermien und zwar so, dass durch mitotische Teilung aus ihnen zunächst etwas kleinere Zellen entstehen, die in einfacher Schicht zwischen den Fusszellen der Membrana propria anliegen und als Spermatogonien bezeichnet werden. Auch sie vermehren sich in rascher Folge, dabei immer neue Individuen gleicher Art bildend.

Ist dieses Stadium der Vermehrung zu einem gewissen Abschluss gelangt, so folgt die Periode des Wachstums. Die Spermatogonien nehmen an Umfang zu, rücken von der Membrana propria ab in die zweite Zellreihe und heissen nun Spermatozyten I. Ordnung.

Jetzt beginnen am Kerne dieser Zellen mitotische Veränderungen aufzutreten. Die Spermatozyten I. Ordnung treten in die Teilungsperiode ein und zwar machen sie eine zweimalige Teilung (Reifungsteilungen) durch. Durch die erste Teilung entstehen aus den Spermatozyten I. Ordnung die Spermatozyten II. Ordnung und die zweite Teilung liefert aus den letzteren die Spermatiden. Zwischen beide Teilungen schiebt sich ein kurzes Ruhestadium (v. Ebner, Meves, v. Lenhossék, Moore, Rawitz).

Die erste Teilung wurde von Flemming als eine heterotypische bezeichnet; sie unterscheidet sich von der gewöhnlichen Mitose dadurch, dass es während des Diasterstadiums zu einer nochmaligen Längsspaltung der Chromosomen kommt.

Die zweite Teilung ist nach Flemming eine homöotypische, sie ist eine Reduktionsteilung, d. h. die von ihr gelieferten Spermatiden enthalten nur die Hälfte der ursprünglichen Chromosomen. Wir haben also hier einen Prozess, den in ganz ähnlicher Weise auch das Ei bei der Richtungskörperbildung durchmacht und der auf S. 27 des näheren geschildert worden ist.

Die auf diese Weise gebildeten Spermatiden sind ziemlich kleine Zellen, welche in mehrfacher Schicht das Lumen des Hodenkanälchens auskleiden. Sie wandeln sich allmählich in die reifen Spermien um und bestehen aus dem Kern, dem Zentralkörper

mit dem Idiozom und dem Zytoplasma mit den Mitochondrien. Das Chromatin des Kernes liefert den Kopf, das Zentrosom Hals und Verbindungsstück, das Zytoplasma den Achsenfaden und die Hüllen und die Mitochondrien die Spiralbildungen.

Bevor wir auf diese Umwandlungsprozesse des näheren eingehen, müssen wir noch einer eigenartigen Beteiligung der Sertoli'schen Zellen gedenken. Die Zellen verlängern sich nämlich allmählich und treiben in das Lumen hinein lappige Fortsätze, zwischen welche sich die Spermatiden büschelweise einbetten. Es macht nun die Spermatide in diesen Protoplasmanischen der Fusszelle ihre ganze weitere Umwandlung durch und wird erst als nahezu fertiger Samenfaden in das Kanallumen ausgestossen. Wir müssen in dieser Kopulation (Benda) der Spermatiden mit den Fusszellen einen Vorgang sehen, der eine leichtere Zufuhr von Nährmaterial zu dem sich entwickelnden Samenfaden schafft (Fig. 197).

Für die folgende Darstellung der Umwandlung der Spermatiden wollen wir uns in erster Linie auf die trefflichen Untersuchungen von Meves stützen, bemerken aber dabei, dass die Ansichten der verschiedenen Autoren in vielen Punkten nicht unwesentliche Abweichungen von den hier vorgetragenen zeigen. Beschäftigen wir uns zunächst mit dem Kern, so demonstrieren uns die Figuren der Taf. XXXI, wie das Chromatingerüst des Spermatidenkernes sich allmählich immer mehr verdichtet, so dass schliesslich der Spermienkopf ein nahezu homogenes Gebilde darstellt. Dabei rückt der Kern aus seiner ursprünglich zentralen Lage immer mehr nach der Peripherie und wird dabei immer länglicher, bis er die definitive Form des Spermienkopfes erreicht hat.

Schon in einer frühen Phase der Umwandlung weisen die Spermatiden zwei Zentralkörper auf, welche eine ganz oberflächliche Lage einnehmen. Der eine liegt dicht an der Zelloberfläche, distaler Zentralkörper, der andere etwas näher zum Kern hin, proximaler Zentralkörper. Aus dem distalen Zentralkörper wächst ein feines Fädchen hervor. Es nimmt bald an Länge zu, durchbricht die Zellperipherie und stellt die erste Anlage des Schwanzfadens dar.

Nachdem sich der proximale Zentralkörper in ein Stäbchen umgewandelt hat, beginnen beide Zentralkörper nach dem Kern hin zu wandern. Der proximale lagert sich dem letzteren dicht an und geht eine innige Verbindung mit ihm ein. Der distale Zentral-

körper, der bei seiner Wanderung immer in fester Verbindung mit dem mächtig auswachsenden Schwanzfaden bleibt, wird zunächst konisch und zerfällt dann in zwei Stücke, ein proximales Knöpfchen und einen distalen Ring. Beide trennen sich dadurch, dass der den Schwanzfaden umgreifende Ring distalwärts wandert, bis er wieder an der Zellperipherie angelangt ist und hier die Schlussscheibe des Verbindungsstückes bildet. Die Spiralhülle, die den Achsenfaden im Bereich des Zwischenstückes umzieht, bildet sich, wie v. Brunn nachgewiesen hat, durch Aneinanderlagerung glänzender Zytoplasmakörner, welche mit den von Benda entdeckten Mitochondrien identisch sind.

Die Hülle, welche den Achsenfaden am Hauptstück des Schwanzes und, wenn auch wesentlich dünner, am Verbindungsstück umgibt, stellt wahrscheinlich ein Ausscheidungsprodukt des Achsenfadens dar.

Auf diese Weise erhält der Samenfaden sämtliche Bestandteile der Zelle mit und stellt also eine selbständige, bloss der Form nach veränderte Zelle dar.

2. Die ableitenden Samenwege.

Aus dem Rete testis entwickeln sich 9—15 anfangs gerade und gestreckt verlaufende Kanälchen, die Ductuli efferentes testis. Sehr bald jedoch beginnt ein jedes Kanälchen sich in immer zahlreichere Windungen zu legen und es entstehen so 9 bis 15 kleine Pyramiden, durch bindegewebige Septen getrennt und durch eine starke bindegewebige Albuginea vereinigt zum Kopfe des Nebenhodens. Jeder Ductulus efferens testis bildet mit seinen vielfachen Windungen ein Läppchen des Nebenhodens, Lobulus epididymidis oder Conus vasculosus Halleri. Der aus dem obersten Läppchen austretende Ductulus wendet sich abwärts, nimmt nach und nach sämtliche Ductuli auf und wird so zum Ductus epididymidis. Er verläuft stark geschlängelt und vielfach gewunden an der Hinterfläche des Hodens herab und bildet dabei den Körper und den Schwanz des Nebenhodens.

Aus dem letzteren entwickelt sich dann der Ductus deferens, der aus dem Nebenhoden, scharf nach oben umbiegend an der hinteren Hodenfläche mit den Gefässen und Nerven zum Samenstrang, Funiculus spermaticus, vereinigt, in die Höhe steigt und durch den Leistenkanal hindurch in das Becken

gelangt. Am Blasengrunde bildet er eine spindelige Erweiterung, die Ampulla ductus deferentis und tritt als Ausspritzgang, Ductus ejaculatorius aus ihr hervor. In den Ausspritzgang mündet die Samenblase, Vesicula seminalis und schliesslich öffnet er sich, nachdem er die Prostata durchsetzt hat, auf dem Colliculus seminalis in die Harnröhre.

Fig. 200.

Querschnitt durch die Ductuli efferentes testis vom Menschen. Im Innern der Gänge sind Haufen von Spermien zu sehen.

Ca. 100 mal vergrössert.

Fig. 201.

Teil eines Durchschnittes eines Ductulus efferens testis vom Menschen.

Ca. 360 mal vergrössert.

Das Epithel, welches die Ductuli efferentes (Fig. 200 u. 201) auskleidet, besitzt zahlreiche Einsenkungen, die aber die Membrana propria nicht nach aussen vorbuchten. Im Grunde der Grübchen ist das Epithel kubisch, zwischen den Grübchen dagegen

mehr oder weniger lang zylindrisch und trägt Büschel von Flimmerhaaren. Die Zellen enthalten typische Basalkörperchen und ausserdem Ballen von stark färbbaren Körnchen zwischen Kern- und Zelloberfläche, die Benda für Zentralkörper, Ach für aus dem Kern stammendes Sekretionsmaterial ansieht.

Im Ductus epididymidis haben wir ein zweireihiges Flimmerepithel. Aus jeder Zelle steht ein Büschel langer Flimmer-

Fig. 202.

Querschnitt des Ductus epididymidis vom Menschen.

Ca. 300 mal vergrössert.

haare heraus. Zwischen den basalen Enden der Zylinderzellen liegen konische Ersatzzellen, welche mit ihrem oberen zugespitzten Ende das Lumen nicht erreichen (Fig. 202). Der Name „Ersatzzellen" passt nach Hermann und Zimmermann nicht auf diese Zellen, denn sie dienen keinesfalls zum Ersatz untergegangener Zylinderzellen. Die Flimmerhaare sind, wenigstens im fixierten Präparat, immer zu einem Büschel miteinander verklebt. Sie sollen intra vitam niemals flimmern zum Unterschied von den echten Flimmerzellen der Ductuli efferentes. Sie besitzen keine Basal-

körperchen und unterscheiden sich auch dadurch von echten Flimmerzellen (Aigner). Ach schlägt deshalb vor, sie überhaupt nicht als Flimmerzellen, sondern als Haarzellen zu bezeichnen. Zwischen den Epithelzellen finden sich Buchten, Schläuche und völlig abgeschlossene Hohlräume, die aber nie die Membrana propria überschreiten.

Nach aussen folgt auf das Epithel die Membrana propria, welche wiederum von einer Schicht zirkulär verlaufender glatter Muskelzellen und einer Bindegewebslage umgeben ist.

Fig. 203.

Querschnitt des Samenleiters vom Menschen.

37 mal vergrössert.

Der Ductus deferens (Fig. 203) zeigt eine in Längsfalten gelegte Schleimhaut. Das Epithel gleicht anfangs dem des Ductus epididymidis, verliert aber später die Ersatzzellen und Flimmern und wird damit zu einem einfachen Zylinderepithel. Die Submucosa enthält zahlreiche elastische Fasern. Weiter nach aussen folgt eine mächtig entwickelte glatte Muskulatur, die über 1 mm dick ist und eine äussere und innere Längs- und eine dazwischen

gelegene Ringmuskelschicht unterscheiden lässt. Zu äusserst liegt die bindegewebige Faserhaut, welche elastische Fasern und längs verlaufende Bündel glatter Muskelzellen (M. cremaster internus) enthält.

In der Ampulla und der Vesicula seminalis wird die Muskulatur beträchtlich dünner. Hier legt sich die Schleimhaut in zahlreiche miteinander anastomosierende Falten und bildet seichtere und tiefere Buchten. Sie zeigt von der Pubertät ab eine braune Färbung, was der Einlagerung von Pigmentkörnchen in die Zellen zuzuschreiben ist. Es ist das ein eisenfreies Lipochrom. Das Epithel ist ein Zylinderepithel, dessen Zellen je nach dem Sekretionszustand ein sehr verschiedenartiges Aussehen zeigen. Die Vesicula seminalis ist nach Petersen eine Drüse mit kontinuierlicher Sekretion. Das Sekret tritt in den Zellen in der Form stark färbbarer Körnchen auf, die in das Lumen ausgestossen werden.

Der Ductus ejaculatorius zeigt im wesentlichen den gleichen Bau, wie der Ductus deferens.

Es ist hier noch der Ort, einiger Gebilde zu gedenken, welche als Reste embryonaler Bildungen aufzufassen sind. Hierher gehören:

Die Paradidymis oder das Giraldès'sche Organ besteht aus einigen, beiderseits blindgeschlossenen und mit einfachem flimmerndem Zylinderepithel ausgekleideten, gewundenen Kanälchen, die zwischen den Gefässen des Samenstrangs in der Nähe des Caput epididymidis gelegen sind.

Die Ductuli aberrantes kommen als drei blind endigende, mit flimmerndem Zylinderepithel ausgekleidete Gänge am Hoden und Nebenhoden vor. Einer zweigt sich vom Rete testis, ein zweiter vom Caput epididymidis und ein dritter vom Ductus epididymidis ab.

Der Appendix testis, die ungestielte Morgagni'sche Hydatyde stellt gewöhnlich ein aus gefässreichem Bindegewebe zusammengesetzes, mit Flimmerepithel überzogenes, solides Körperchen dar, das am vorderen Umfang des Nebenhodens sitzt. In ihm kann sich eine mit Flimmerepithel ausgekleidete Höhle finden. Ein kurzer, hohler mit Zylinderepithel ausgekleideter Stiel geht von dem Körperchen aus.

Der Appendix epididymidis (gestielte Hydatide) findet sich nicht konstant in Form eines kleinen, mit kubischem Epithel ausgekleideten Bläschens, von dem ein langer Stiel zum Caput epididymidis führt. Es ist wahrscheinlich ein Urnierenrest, während

die ungestielte Hydatide ein Rudiment des Müller'schen Ganges darstellt.

c) Die Rute.

Das männliche Begattungsorgan, die Rute, Penis, ist ein langes, zylindrisches Gebilde, das äusserlich von der Haut überzogen wird und der Hauptsache nach gebildet wird aus den drei Schwellkörpern, Corpora cavernosa (Fig. 204). Die beiden,

Fig. 204.

Querschnitt durch die Glans penis (nahe der Corona glandis) eines drei Jahre alten Knaben.

Ca. 9 mal vergrössert.

dorsal und symmetrisch zur Medianlinie gelegenen Corpora cavernosa penis beginnen unter dem Ramus inferior ossis pubis mit zugespitztem Anfangsstück, ihr ebenfalls zugespitztes Ende liegt im vordersten Abschnitt der Rute. Das Corpus cavernosum urethrae ver-

läuft in der Mittellinie, ventral von den beiden vorigen. Es beginnt mit dem verdickten Bulbus zwischen den auseinander strebenden hinteren Enden der beiden vorigen und geht vorne in die pilzförmig über die vorderen Enden jener beiden herübergestülpte Eichel, Glans penis über. In seine ventrale Fläche tritt dicht

Fig. 205.

Schwammgewebe vom Corpus cavernosum penis des Affen.

Ca. 200 mal vergrössert.

hinter dem Bulbus die Urethra ein und verläuft in ihm bis zum Orificium externum.

Die Haut des Penis ist eine direkte Fortsetzung der benachbarten Hautbezirke, sie bildet vorne eine die Eichel bedeckende kragenförmige Falte, die Vorhaut, Präputium.

Die Haut ist am Penis ziemlich dünn und lässt sich infolge eines sehr locker entwickelten subkutanen Bindegewebes leicht ab-

heben, ist leicht dehnbar. Das Präputium ist eine Hautduplikatur; zwischen seinen beiden Blättern liegt lockeres Bindegewebe. In dem Sulcus coronarius schlägt sich die Haut vom innern Blatt der Vorhaut auf die Eichel über, mit deren bindegewebiger Albuginea sie fest und straff verbunden ist. Die Haut des Penis ist in ihren vorderen Bezirken haarlos, sie besitzt Schweissdrüsen und in ihren hinteren Bezirken auch Talgdrüsen. Ein sehr strittiger Punkt in der Histologie ist das Vorkommen von Drüsen an dem inneren Blatte der Vorhaut und in der Eichel. Diese Drüsen sollen den Charakter von Talgdrüsen haben und sind unter dem Namen der Tyson'schen Drüsen bekannt. Sie sollen den Präputialtalg, das Smegma praeputii liefern. Neuere Untersuchungen (Saalfeld, Müller, Tandler und Domény) haben gezeigt, dass sich an diesen Stellen wohl Talgdrüsen finden können, aber stets nur in sehr geringfügiger Zahl.

Jedes Corpus cavernosum besteht aus Bindegewebsbälkchen und -blättern, die mit elastischen Fasern und Bündeln glatter Muskelzellen versehen sind und sich mit einander zu einem schwammartigen Maschenwerk vereinigen (Fig. 205). Die innerhalb dieses Maschenwerks gelegenen Lücken, Kavernen, bilden so ein ganzes System miteinander kommunizierender Hohlräume. Sie sind mit platten, epithelartig angeordneten Zellen ausgekleidet und enthalten venöses Blut. Äusserlich wird jeder Schwellkörper von einer festen, bindegewebigen Albuginea umhüllt. Die beiderseitigen Corpora werden getrennt durch ein in der Medianlinie des Penis verlaufendes bindegewebiges Septum, in welchem die beiderseitigen Albugineae sich vereinigen. Es ist hinten stärker und wird nach vorne zu immer dünner und unvollständiger.

Die Schwellkörper der Rute und der der Harnröhre zeigen gewisse Unterschiede. Im letzteren sind die venösen Bluträume enger, dagegen die Blätter und Bälkchen dicker, viel reicher an elastischen Fasern und bedeutend ärmer an glatten Muskelelementen.

Die das Blut zu den Corpora cavernosa penis führenden Arterien, die Arteriae dorsales und profundae penis besitzen in ihren, in die Schwellkörper eintretenden Zweigen eine mächtig entwickelte Muskulatur.

An Ästen unter 1 mm Durchmesser zeigt die Intima polsterartige Verdickungen (v. Ebner), in denen feine, zirkuläre, elastische Fasern parallel zur Oberfläche verlaufen (Fig. 206). Diese Fasern, welche früher für Abzweigungen der Elastica interna gehalten

wurden, rühren von der subepithelialen elastischen Lamelle her (Rothfeld).

Besondere Beachtung verdient das verschiedene Verhalten der Arterien zu den Venen (C. Langer). Ein Teil der Arterien nämlich geht in die Venen über durch Vermittlung von Kapillaren, ein kleinerer Teil dagegen ergiesst sich direkt in venöse Räume. Im ersten Falle bildet sich aus den letzten Enden der Arterien dicht unter der Tunica albuginea das feine, kapillare, oberflächliche

Fig. 206.

Querschnitt durch eine in der Tela subfascialis liegende Arterie ($4\frac{1}{2}$ Jahre alter Knabe).

Ca. 150mal vergrössert.

Rindennetz, welches in das tiefer liegende, gröbere, venöse Rindennetz übergeht. Erst mit diesem stehen die grossen zentralen Venenräume des Schwellkörpers in Verbindung. Im zweiten Falle gehen die Arterien unmittelbar in die Venen über, indem sie entweder in das tiefe, gröbere, venöse Rindennetz münden oder direkt in die kavernösen zentralen Venenräume sich ergiessen.

Die zurückführenden Venen, Venae emissariae sammeln das Blut zum Teil aus dem gröberen tieferen Rindennetze, zum

Teil aus den zentralen kavernösen Venenräumen, wobei die aus letzterem hervorgehenden Stämme durch die Maschen des Rindennetzes hindurchtreten. Diese Anordnung ist für das Zustandekommen der Erektion von grosser Bedeutung. Es werden nämlich durch die stärkere Füllung des peripheren Venennetzes die durchtretenden Venenäste komprimiert und damit der Abfluss des Blutes aus dem zentralen Netz, das hier infolge der direkten Verbindung der Arterien mit den Venen besonders stark zuströmt, gehindert. Die Venen sammeln sich nach Durchbruch der Albuginea zur Vena dorsalis penis und den Venae profundae penis.

Im Corpus cavernosum urethrae folgen nach innen auf das Schwellgewebe die starken Venenplexus der Harnröhrensubmucosa. Ein direkter Übergang von Arterien in Venen findet sich hier aber nicht, zwischen beiden sind immer Kapillaren eingeschaltet. Die umhüllende Albuginea ist hier feiner, wie in den Corpora cavernosa penis.

Die Glans penis besteht im wesentlichen aus einem Plexus stark geschlängelter Venen, die durch reichlich entwickeltes Bindegewebe zusammengehalten werden. Im Bindegewebe der Bälkchen verlaufen Bündel elastischer Fasern, die in zwei Gruppen eingeteilt werden können (Fig. 204). Eine zirkuläre Schicht elastischer Fasern, die im hinteren Abschnitt der Glans der Tunica albuginea aufliegt, wird gegen das vordere Ende immer spärlicher, wobei sie sich mit dem Verschwinden der Corpora cavernosa penis der Urethra nähert. Eine zweite Gruppe besteht aus Bündeln elastischer Fasern, die eine fächerförmige Anordnung haben und die oben beschriebene tiefe mit der an der Oberfläche der Glans verlaufenden Schicht elastischer Fasern verbinden. Die zweite Gruppe nimmt im vorderen Abschnitte der Glans einen radiären Verlauf (Rothfeld).

Über die Nerven des Penis vergleiche man das Kapitel „Periphere Nervenendigungen“.

d) Die Anhangsdrüsen der männlichen Geschlechtsorgane.

1. Die Prostata.

Die Prostata besteht aus 30—50 alveotubulären Drüsen, zwischen denen sich so reichlich, wie in keiner anderen Drüse glatte Muskulatur findet. Die Ausführungsgänge, 15—30 an der Zahl, konvergieren gegen den Colliculus seminalis hin und münden in dessen Nachbarschaft in die Harnröhre. Die Drüsenalveolen und -tubuli sind ausgekleidet von einem hochkubischen oder niedrigzylindrischen,

einschichtigen Epithel. Zwischen den Basen der Epithelzellen finden sich nicht selten Ersatzzellen, so dass das Epithel stellenweise zweireihig erscheint. Der Körper der Epithelzellen ist mit zahlreichen, stark färbbaren Granulis durchsetzt, welche die Vorstufen des Sekretes darstellen.

Das letztere, Succus prostaticus, stellt eine milchige Flüssigkeit dar von schwach alkalischer Reaktion, welche neben Nukleoproteiden, muzinähnlichen Stoffen, Lezithin und Cholin noch ein Ferment enthält, die Vesikulase, welche die Gerinnung des Samens bewirken soll. In den Alveolen der Prostata finden sich, vorwiegend bei älteren Individuen Konkremente, Prostatasteine, welche der Hauptsache nach aus phosphorsaurem Kalk bestehen. Sie werden stecknadelkopfgross und zeigen, wie alle derartigen Konkremente, eine deutliche konzentrische Schichtung.

Der Utriculus prostaticus stellt eine verschieden weite und verschieden tiefe Tasche dar, welche in die Prostatasubstanz eingelagert ist und sich auf dem Colliculus seminalis zwischen den Ductus ejaculatorii in die Harnröhre öffnet. Seine mit einem zweizeiligen Flimmerepithel ausgekleidete Schleimhaut bildet mehrere Längsfalten. Entwickelungsgeschichtlich haben wir in diesem Organ den Rest des kaudalen Abschnittes der miteinander verschmolzenen Müller'schen Gänge zu sehen.

Zwischen den Drüsen der Prostata findet sich aus derbem Bindegewebe gebildetes Zwischengewebe, das von ausserordentlich zahlreichen Bündeln glatter Muskelzellen durchsetzt ist. Es bildet dasselbe einmal um die Drüse eine starke Kapsel, dann ein mächtiges, die Harnröhre umfassendes Lager und macht den grössten Teil der Prostatasubstanz aus. Zwischen den einzelnen Drüsen bildet es dicke Septen, welche von der Gegend des Colliculus seminalis zur äusseren Kapsel strahlen. Im späteren Lebensalter nimmt dieses Zwischengewebe auf Kosten der Drüsensubstanz stark zu. Es kann daraus beträchtliche Vergrösserung des Organes resultieren, die lebensgefährliche Kompression der Harnröhre erzeugt.

Die Blutgefässe bilden Kapillarnetze um die Drüsen herum, aus denen ein venöser Plexus hervorgeht, der mit dem submucösen Plexus der Harnröhre in Verbindung steht.

Die Lymphgefässe sind sehr zahlreich, sie münden in mehreren Stämmen in die Lymphoglandulae sacrales.

Die Nerven der Prostata stammen zum Teil aus dem Plexus hypogastricus, zum Teil aus dem dritten und vierten Nervus sacralis (Gentès). Sie geben sekretorische Zweige zu den Drüsen, moto-

rische zu den Muskeln und sensible, die in besonderen im Zwischengewebe gelegenen Endkörperchen endigen.

2. Die Cowper'schen Drüsen.

Die Cowper'schen Drüsen, Glandulae bulbo-urethrales liegen als zwei erbsengrosse Körper am hinteren Ende des Bulbus urethrae. Sie sind tubulös-alveoläre Drüsen. Das Epithel ist einschichtig, kubisch. Zwischen den Zellen finden sich Sekretkapillaren (Braus). Die Zellen gleichen ganz den Schleimzellen. Die Membrana propria ist gut entwickelt. Auch bei dieser Drüse findet sich zwischen den Drüsentubuli und -alveolen ein reichliches Zwischengewebe, in welchem nicht nur glatte, sondern auch quergestreifte Muskelelemente in grosser Zahl anzutreffen sind.

Das Sekret der Drüsen soll nach Henle, Stilling u. a. nicht schleimhaltig sein. Es stellt eine klare, neutrale Flüssigkeit dar, die auf Zusatz von Essigsäure keine Trübung gibt.

Die intralobulären Ausführungsgänge der Drüsen, die lakunäre Erweiterungen zeigen, sind bald von einem niedrigen, kubischen Epithel, bald von einem einfachen Zylinderepithel ausgekleidet, die Hauptausführungsgänge dagegen mit einem mehrreihigen Zylinderepithel.

2. Die weiblichen Geschlechtsorgane.

An den weiblichen Geschlechtsorganen kann man innere und äussere unterscheiden. Zu den ersteren rechnen wir: a) den Eierstock, b) den Eileiter, c) die Gebärmutter und d) die Scheide, zu den äusseren, die man auch als weibliche Scham zusammenfasst, gehören e) der Kitzler, f) die grossen Schamlippen, g) die kleinen Schamlippen und h) der Scheidenvorhof mit den Glandulae vestibulares minores und der Glandula vestibularis major.

a) Der Eierstock.

Der Eierstock, Ovarium, entwickelt sich ganz ähnlich wie der Hauptteil des Hodens aus dem Keimepithel, welches auf der medialen Seite der Urniere die sog. Geschlechtsleiste bildet. Die Keimepithelzellen vermehren sich durch Teilung und einige derselben differenzieren sich zu grösseren protoplasmareichen Zellen mit grossem, bläschenförmigem Kern. Diese Zellen werden Primordialeier oder Ureier genannt (Fig. 207 A). Die Zellen des Keimepithels geraten in lebhafte Vermehrung und wuchern

mitsamt den differenzierten Ureiern in das tiefer liegende embryonale Bindegewebe (Stroma) hinein und zwar in Form von soliden Schläuchen (*Pflüger'sche Schläuche*) (Fig. 207 B).

Zwischen den Zellen derselben geht in weiterer Folge eine Differenzierung vor sich, welche, ähnlich wie oben, das Auftreten von Eiern zwischen anderen nicht differenzierten Zellen bewirkt. Die *Pflüger*'schen Schläuche bestehen aus mehreren Ureiern und zahlreichen Keimepithelzellen. In der Tiefe des nun grösser ge-

B

Keimepithel

Kern einer Bindegewebszelle des Stromas

Blutgefäss

Follikelepithel

Urei

Primordialei

A

Keimepithel

Kern einer Bindegewebszelle des Stromas

Fig. 207.

Aus einem senkrechten Durchschnitte durch den Eierstock eines menschlichen Embryos aus dem dritten Monate.

Ca. 540mal vergrössert.

wordenen Organs beginnt jetzt durch wucherndes Bindegewebe eine Zerlegung dieser Schläuche in kleinere Gruppen, welche ein Urei enthalten, nur von einer Schicht Keimepithelzellen bedeckt und von einer bindegewebigen Hülle umgeben werden. Wir bezeichnen eine solche Zellgruppe als einen *Primärfollikel* (Folliculus oophorus primarius). Während die Follikelbildung von innen nach aussen fortschreitet, geht in der Peripherie des Organs vom Keimepithel aus die Bildung von Ureiern immer weiter, sie erlischt beim Menschen erst gegen Ende des ersten Lebensjahres. Im Zentrum des Eier-

stockes bildet das Bindegewebe mit den eingewachsenen Gefässen eine grössere follikelfreie Masse, die Marksubstanz, während die Rindensubstanz die Follikel mit dazwischen gelagertem Bindegewebe enthält. Aussen wird der Eierstock abgeschlossen durch das Keimepithel, unter welchem das Bindegewebe eine kompakte Lage bildet, die als Tunica albuginea bezeichnet wird.

Im postembryonalen Leben findet nun die Reifung der in den Primärfollikeln eingeschlossenen Eier statt, welche mit einer kolossalen Vergrösserung des ganzen Follikels Hand in Hand geht. Auch sie schreitet wiederum von innen nach aussen vor und beginnt bereits beim Neugeborenen (Runge). Wir haben so neben reifen Eiern resp. Follikeln in den tieferen Schichten der Rindensubstanz des erwachsenen Ovariums immer noch zahlreiche ganz unreife Follikel und können deshalb die Follikelentwickelung auch noch am Ovarium des geschlechtsreifen Weibes studieren.

Die Marksubstanz oder Zona vasculosa erstreckt sich vom Hilus aus mit den Gefässen in das Organ hinein und besteht aus lockerem Bindegewebe mit elastischen Fasern untermischt. Mit den Gefässen dringen vom Lig. latum her auch Züge von glatten Muskelzellen in die Marksubstanz, jedoch beim Menschen nur in geringer Menge. Wie schon erwähnt, enthält die Marksubstanz keine Follikel, doch können die ausgewachsenen, reifen Follikel stark gegen sie andrängen und sie einbuchten (Fig. 208).

Die Rindensubstanz enthält als wesentlichsten Bestandteil die Follikel. Zwischen ihnen finden sich überall Bindegewebszüge mit elastischen Fasern, die aber keine Muskulatur mehr mit sich führen. Ausserdem enthält das Bindegewebe noch in Gruppen zusammengelagerte Zellen, die man als interstitielle Zellen bezeichnet hat (Tourneux) und die eine sehr grosse Ähnlichkeit mit den früher beschriebenen Zwischenzellen des Hodens aufweisen. Beim Menschen treten sie nur in bescheidenem Masse auf. Nach Wallart finden sie sich bis zur Pubertät reichlicher als in späteren Jahren. Bei Tieren können sie einen wesentlichen Teil des Ovarialstromas bilden. Wahrscheinlich stammen sie ab von zugrunde gegangenen Follikeln.

Was nun die Follikel, gewöhnlich nach ihrem Entdecker Graaf'sche Follikel, genannt, anbetrifft, so nimmt ihre Zahl im Laufe des Lebens immer mehr ab, einmal wird ja normalerweise von der Pubertät an bei jeder Menstruation, also alle 28 Tage, ein reifes Ei ausgestossen, was den Untergang eines Follikels bedeutet. Neue Ureier werden aber vom zweiten Lebens-

jahr an nicht mehr gebildet. Dann aber gelangen auch eine grosse Anzahl junger Follikel gar nicht zur vollen Reife, sondern gehen in allen Stadien des Reifungsprozesses in grosser Zahl zugrunde. Nach Henle werden etwa 72000 Eier beim Menschen angelegt und von ihnen gelangen nur ca. 400 zur Reife. Es stellen also diese Rückbildungsprozesse einen physiologischen Vorgang dar, dessen Einzelheiten später geschildert werden sollen.

Fig. 208.

Querschnitt durch das Ovarium vom Affen.

26 mal vergrössert.

Diese Erörterungen machen es verständlich, dass im Laufe des Lebens das bindegewebige Stroma der Rindensubstanz eine immer grössere Ausdehnung gewinnt, da es an Stelle der spezifischen Elemente tritt, womit auch das ganze Organ immer fester und derber wird.

Wir können die im Eierstock des jungen, geschlechtsreifen Weibes enthaltenen Follikel einteilen in Primärfollikel, wachsende Follikel und erwachsene, sprungreife Follikel.

Die Primärfollikel liegen vor allem in den äusseren Partien der Rindensubstanz. Sie bestehen aus dem unreifen Ei und einer Schicht das letztere umgebender Follikelzellen. Das unreife Ei ist eine kugelige Zelle von 50—65 μ Durchmesser, das sich gegen die Follikelzellen durch einen zarten Kontur abgrenzt. Der Zellkörper zeigt ein deutliches Fadenwerk. Der ungefähr 30 μ im Durchmesser haltende, kugelige Kern, hier Keimbläschen genannt, nimmt immer die Mitte des Zellkörpers ein und enthält ein ausgeprägtes Chromatingerüst und ein grosses, rundes Kernkörperchen, hier Keimfleck genannt.

Primärfollikel
Zona pellucida
Ei mit Keimbläschen und Keimfleck
Blutgefäss
Stroma ovarii
Antrum folliculi
Zona pellucida
Follikelepithel

Fig. 209.

Aus einem Durchschnitte durch die Rinde eines Affeneierstockes.

Ca. 150 mal vergrössert.

Die Follikelzellen sind platte, schmale Zellen, die das Ei in ein oder zwei Schichten umgeben (Fig. 207).

Beim Wachstum des Follikels laufen verschiedene Prozesse nebeneinander her. Die auffallendste Erscheinung unter ihnen bildet die enorme Vermehrung, welche die Zahl der Follikelzellen erfährt. Die anfänglich platten Zellen werden zunächst kubisch und teilen sich auf mitotischem Wege in ununterbrochener Folge, so dass schliesslich das Ei von zahlreichen Schichten von Follikelzellen umgeben ist, was natürlich eine starke Vergrösserung des ganzen Follikels bedeutet (Fig. 209). Unter diesen Follikelzellen zeichnen sich einzelne durch ihre Grösse und ihr helles Aussehen

aus (Nagel). Sie sind dem Untergang geweiht, zerfallen und bilden kleine, mit Flüssigkeit gefüllte Epithelvakuolen. Dieselben entstehen in dem nach der Eierstocksoberfläche gerichteten Teile des Follikels, sie konfluieren bald und bilden eine kleine mit Flüssigkeit, Liquor folliculi, gefüllte Höhle, das Antrum folliculi (Fig. 209). Diese Höhle vergrössert sich bei gleichzeitigem Wachstum des ganzen Follikels andauernd und zwar immer

Fig. 210.

Durchschnitt eines Graaf'schen Follikels vom Affen.

Ca. 90mal vergrössert.

auf Kosten des peripheren Bezirks des Follikelepithels. Im zentralen, nach der Marksubstanz des Ovariums gerichteten Abschnitt des Follikels bleibt das Epithel um das immer mehr nach innen rückende Ei erhalten und springt nun in die Follikelhöhle mehr oder weniger als halbkugelige Zellmasse, Cumulus oophorus vor (Fig. 210).

Gleichzeitig mit diesen Wachstums- und Umbildungsprozessen des Follikelepithels umgibt sich der ganze Follikel mit einer bindegewebigen Haut, der Theca folliculi.

Aber auch das Ei macht während dieser Zeit wichtige Veränderungen durch, die einmal darin bestehen, dass es in allen seinen Dimensionen zunimmt und dass in seinem Protoplasma deutoplasmatische Elemente in Form kleiner krümeliger Partikelchen auftreten, sich um den Kern herum sammeln und ihn in exzentrische Lage drängen. Die auffallendste Veränderung des Eies aber besteht darin, dass es sich dann, wenn es seine maximale Grösse erreicht hat, mit einer deutlichen, dichten Membran, der Zona pellucida, umgibt. Dieselbe ist ein Produkt der innersten Lage von Follikelzellen.

Es besitzt so der sprungreife erwachsene Follikel (Folliculus oophorus vesiculosus s. Graafi) folgenden charakteristischen Bau. Nach aussen wird er umhüllt von der Theca folliculi, an der wir eine Tunica externa, eine Tunica interna und eine Glashaut unterscheiden können. Die Tunica externa ist eine konzentrisch um den Follikel angeordnete und etwas verdichtete Lage von Ovarialstroma. Die Tunica interna besteht aus kugeligen oder polyedrischen Zellen, Kornzellen (His), die durch spärliche Bindegewebsfäserchen getrennt werden. Nach innen wird die Theca abgeschlossen durch ein feines, strukturloses Häutchen, die Glashaut (Fig. 210).

Das Follikelinnere wird zunächst gebildet von den Follikelzellen, welche die Follikelhöhle allseitig umgeben. Sie sitzen in den nach der Eierstockoberfläche sehenden Partien des Follikels in Form eines mehrschichtigen Epithels der Glashaut auf (Stratum granulosum), in den nach der Marksubstanz des Ovariums gerichteten Follikelabschnitten verdickt sich die Epithelschicht allmählich und geht in den das Ei bergenden Cumulus oophorus über, der beim Menschen kolbig in die Follikelhöhle vorspringt. Die Follikelzellen sind zylindrisch, am längsten sind sie in der äussersten Schicht des Stratum granulosum; auch die das Ei unmittelbar umgebende Schicht besteht aus sehr langen Zellen. Bei dem Austreten des Eies aus dem Follikel haften sie als Corona radiata oder Eiepithel der Eioberfläche an.

Die Follikelhöhle enthält den Liquor folliculi, eine klare, gelbliche Flüssigkeit, die nur 10—40 ‰ feste Substanzen enthält. Das sog. Paralbumin, das sich in ihr finden soll, ist nach Hammarsten ein Gemenge von Pseudomuzin und wechselnden Mengen von Eiweiss.

Der Cumulus oophorus enthält normalerweise nur ein Ei.

Mehreiige Follikel sind beim Menschen selten, bei Tieren dagegen häufig zu beobachten.

Das Ei, wie es sich uns innerhalb des sprungreifen Follikels darstellt, hat seine volle Reife noch nicht erlangt. Wie wir in dem Kapitel „Befruchtung“ dargestellt haben, ist die Eireifung mit der Ausstossung der Richtungskörper vollendet. Diese letztere aber ist beim Menschen noch niemals einwandfrei beobachtet worden, sie dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach erst nach Eintritt des Eies in die Tube erfolgen. Wir dürfen deshalb das Ei des sprungreifen Follikels nicht als „reifes“, sondern nur als „reifendes“ Ei (Nagel) bezeichnen.

Das Ei ist eine kugelige Zelle von ungefähr 200 μ Durchmesser. Es wird umhüllt von der 7—20 μ dicken Zona pellucida, einer im allgemeinen homogenen, glashellen, einfach brechenden Membran (von Ebner). Nicht selten kann man an ihr eine feine Radiärstreifung erkennen. Bei niederen Wirbeltieren wird die Zona von feinen Kanälchen radiär durchsetzt, in welche Fortsätze des Epithels eindringen. Vielleicht beruht die Zonastreifung beim Menschen auf ähnlichen Einrichtungen. Von der Eisubstanz selbst ist die Zona durch einen feinen Spalt, den perivitellinen Spaltraum getrennt.

An dem Eikörper können wir zwei Zonen unterscheiden, eine periphere schmälere, helle, protoplasmatische und eine zentrale deutoplasmatische, welche letztere aus den krümeligen Dotterelementen besteht. Nach aussen wird das Eiprotoplasma durch eine „feinkörnige Dotterrinde“ (von Ebner) abgeschlossen. Das menschliche Ei ist im Gegensatz zu dem der meisten anderen Tiere als sehr dotterarm zu bezeichnen.

Das Keimbläschen liegt stets exzentrisch an der Grenze zwischen deutoplasmatischer und plasmatischer Zona. Es hat einen Durchmesser von ungefähr 25 μ. Es grenzt sich gegen das Deutoplasma durch eine scharfe Membran ab und erscheint im frischen Zustande nahezu homogen. Im fixierten Präparat tritt in ihm ein deutliches Chromatinnetz auf.

Schon am frischen Ei erkennt man im Keimbläschen sehr leicht den 4—8 μ grossen, gelblichen Keimfleck, der einen sehr grossen Nukleolus darstellt. Er soll nach Nagel's Beobachtungen auch beim Menschen deutliche amöboide Bewegungen ausführen.

Sobald der Follikel eine gewisse Grösse erreicht hat, nimmt er die ganze Dicke der Rindenschicht bis zur Albuginea ein. Durch weitere Vermehrung des Liquor wird die letztere allmählich ver-

dünnt, die Gefässe verschwinden an dieser Stelle, an der auch die Theca atrophisch wird und es erfolgt schliesslich der Follikelsprung. Der Liquor folliculi und mit ihm das Ei, umgeben von seiner Corona radiata, tritt in die Bauchhöhle. Wir bezeichnen diesen Vorgang als Ovulation. Die Ovulation bedingt eine allgemeine Blutfülle der weiblichen Genitalien und einen Blutaustritt aus der Schleimhaut. Wir bezeichnen diesen Vorgang beim Tier als Brunst, beim Menschen als Menstruation. Beim ersteren fallen Brunst und Ovulation immer zusammen, bei letzterem braucht die Menstruation nicht immer gleichzeitig mit der Ovulation zu erfolgen.

Fig. 211.

Corpus luteum des Kaninchens (acht Tage post coitum). Nach Sobotta.

Ca. 30mal vergrössert.

Das aus dem Follikel ausgetretene Ei gelangt in den Tubentrichter und von hier in die Tube selbst. Hier wird es bei der Anwesenheit von Spermien befruchtet oder es wird bei deren Nichtvorhandensein mit dem Menstrualblut aus den Genitalien ausgestossen. Das befruchtete Ei gelangt durch die Flimmerbewegung der Tubenschleimhaut in den Uterus, wo seine Implantation in die Schleimhaut und weitere Entwickelung stattfindet. In nicht seltenen Fällen aber bleibt es in der Tube selbst liegen und gibt dann Veranlassung zur Entstehung der Tubenschwangerschaft.

Dem Follikelsprung folgt in der Regel ein Bluterguss in die Follikelhöhle. Es findet nun innerhalb des Follikels eine

mächtige Zellwucherung statt, so dass sich aus dem ehemaligen Graaf'schen Follikel ein mächtiger, solider, zelliger Körper entwickelt, das Corpus luteum, das unter Umständen im Höhepunkt der Entwickelung eine Länge und Breite von ca. 20 mm und eine Dicke von 9 mm erreichen kann (Fig. 211).

Fig. 212.
Stück eines Corpus luteum einer Hündin.
Ca. 300mal vergrössert.

Die Zellen, welche den Follikel erfüllen, werden als Luteinzellen bezeichnet, weil sie in ihrem Körper einen gelben Farbstoff in Form feiner Körnchen enthalten. Derselbe verleiht auch dem Corpus luteum seine charakteristische Farbe. Das Lutein gehört zu den Lipochromen, Farbstoffen, die in Alkohol, Äther und

Chloroform löslich sind. Über die Abstammung der Luteinzellen haben sich zwei divergierende Anschauungen gebildet. Sobotta und mit ihm Van Beneden, Stratz und Honoré lassen sie durch Wucherung des Follikelepithels entstehen, nach Kölliker, His, Nagel, Clark und Bühler sind sie dagegen Abkömmlinge derjenigen Zellen, welche die Tunica interna der Theca folliculi zusammensetzen.

Gleichzeitig mit der Proliferation der Luteinzellen beginnen die Bindegewebszellen der Tunica interna thecae zu wuchern und zwischen die Luteinzellen einzuwachsen (Fig. 212). Es bilden sich radiär gerichtete Bindegewebszüge, die bis zum Zentrum des Corpus luteum reichen und dort einen lockeren Kern formen. Zusammen mit diesen Bindegewebszügen dringen auch Blutgefässe in das Innere ein. Das Bindegewebe umschliesst die Residuen des ehemaligen Blutergusses, die nach und nach resorbiert werden. Als Rest des resorbierten Blutergusses können hier orangerote Hämatoidinkristalle vorgefunden werden. Hat die Bildung des Corpus luteum ihren Höhepunkt erreicht, so beginnen sich regressive Veränderungen einzustellen. Die Luteinzellen degenerieren, das Bindegewebe tritt stärker hervor, wird auch vermehrt, schrumpft aber bald wieder zusammen und aus dem zelligen Corpus luteum wird das bindegewebige Corpus albicans oder Corpus fibrosum.

Wird das aus dem platzenden Follikel ausgetretene Ei befruchtet, folgt also der Ovulation eine Schwangerschaft, so resultiert ein, wenigstens in der ersten Zeit, umfangreicheres Corpus luteum, als dann, wenn das ausgetretene Ei nicht befruchtet wird. Wir nennen ein solches Corpus ein Corpus luteum verum und sprechen dann, wenn keine Schwangerschaft eintritt, von einem Corpus luteum spurium. In ihrem Bau unterscheiden sich beide aber nicht voneinander.

Was die Funktion des Corpus luteum anlangt, so zeigt es auf der Höhe seiner Ausbildung gewisse Ähnlichkeit mit einer Drüse mit innerer Sekretion. Fraenkel und Cohn kommen auf Grund von Tierversuchen zur Anschauung, dass es einen Stoff produziert, der die Implantation des Eies in der Uterusschleimhaut begünstigt. Nach Aurel und Villemin dagegen ruft das Sekret des Corpus luteum die menstruelle Blutung hervor. Nach ihrer Untersuchung erfolgt beim Menschen die Ovulation immer ca. 12 Tage vor Eintritt der Menses. Dann hat auch das entstandene Corpus luteum den Höhepunkt seiner Entwickelung erreicht.

Es wäre hier noch kurz auf die Rückbildungsvorgänge einzugehen, die, wie wir früher ausführten, zum Untergang des weitaus grössten Teiles aller Follikel führen und die wir als Follikelatresie (Slaviansky, Schottländer) zusammenfassen. Den Ausgangspunkt dieser Veränderungen bildet das Keimbläschen, welches der Chromatolyse verfällt. Dabei wird das Chromatin in lauter kleine Bröckel zerlegt, die sich im Kernsaft lösen. Die Kernmembran verschwindet, der Eikörper degeneriert fettig und wird verflüssigt, das gleiche widerfährt der Zona pellucida. Ganz ähnliche Prozesse spielen sich auch an den Zellen des Follikelepithels ab. An der Auflösung und Resorption der daraus resultierenden Zellreste beteiligen sich vorwiegend Wanderzellen.

Dabei kommt es aber nicht selten zu einer Reaktion der Theca folliculi, deren Zellen (Tunica interna) zu wuchern beginnen und Bindegewebe produzieren (Schottländer). In solchen zugrunde gehenden Follikeln kann es unter Umständen noch zur Bildung von Richtungsfiguren kommen (Flemming, Schottländer).

Die Arterien des Eierstockes, Äste der Arteriae uterina und spermatica interna treten am Hilus in das Organ ein, verlaufen stark geschlängelt, korkzieherartig gewunden durch die Marksubstanz, teilen sich dabei fortwährend und bilden durch Anastomosierung in den peripheren Partien der Marksubstanz ein starkes Netzwerk. Von ihm treten feinere Zweige in die Rindensubstanz und zerfallen in Kapillaren, welche die einzelnen Follikel umspinnen und in die Theca eindringen. Die Venen sind anfangs relativ eng, verlaufen ähnlich wie die Arterien, werden aber in der Marksubstanz sehr weit und bilden im Hilus einen weiten Plexus.

Die Lymphgefässe des Ovariums entwickeln sich aus Spalträumen, welche die Follikel umgeben. Geschlossene Lymphgefässe treten erst in den inneren Partien der Rinde auf, sammeln sich in mehreren grösseren Stämmen in der Marksubstanz und verlassen das Organ durch den Hilus.

Die Nerven, markhaltige und marklose, kommen aus den Plexus spermaticus und renalis. Sie dringen mit den Gefässen in den Hilus ein und sind zum grossen Teil Vasomotoren, endigen an den Gefässen selbst. Ein Teil gelangt aber auch in die Rinden substanz und umgibt jeden Follikel mit einem dichten Flechtwerk. Nach Retzius, v. Gawronski und Mandl dringen die Nervenfasern in die Follikel nicht ein, wie dies Riese und v. Herff behauptet haben.

In der nächsten Nachbarschaft des Eierstockes finden sich dann noch zwei rudimentäre Organe, das Epoophoron und das Paroophoron.

Das Epoophoron (Nebeneierstock, Rosenmüller'sches Organ, Parovarium) ist ein Urnierenrudiment und liegt zwischen Eierstock und Tube, zwischen den beiden Blättern des Lig. latum. Es besteht in seiner ausgeprägtesten Form aus einem mit der Tube parallel verlaufenden Kanal und mehreren in ihn einmündenden seitlichen Kanälchen. Der erstere, der Gartner'sche Gang stellt einen Rest des Wolff'schen Ganges dar, die Kanälchen den Rest des kranialen Teils der Urniere. Die Kanälchen sind sämtlich mit flimmerndem Zylinderepithel ausgekleidet.

Das Paroophoron liegt zwischen den beiden letzten Ästen der Art. spermatica interna, kurz vor ihrem Eintritt ins Ovarium. Es besteht aus einer kleinen Gruppe gewundener Kanälchen, die den gleichen Bau zeigen wie die Kanälchen des Epoophoron. Es stellt ein Rudiment des kaudalen Abschnittes der Urniere dar.

b) Der Eileiter.

Der Eileiter, Tuba uterina Fallopii ist ein 7—14 cm langes Rohr, das einerseits mit einem engen medianen Abschnitt, Isthmus tubae uterinae in den Uterus mündet, andererseits unter allmählicher Verbreiterung, Ampulla tubae uterinae, in einen Trichter, Infundibulum tubae uterinae, mit vielfach ausgefranstem Rande, Fimbria tubae uterinae, ausläuft, der frei in die Bauchhöhle mündet. In seiner Wandung können wir von innen nach aussen eine Schleimhaut, Submucosa, Muscularis und einen Bauchfellüberzug unterscheiden.

Die Schleimhaut liegt in zahlreichen Längsfalten, welche in den verschiedenen Abschnitten des Eileiters verschieden hoch sind; im Isthmus relativ niedrig, werden sie in der Ampulle ausserordentlich hoch, tragen zahlreiche sekundäre, verzweigte Falten, welche das Tubenlumen für das unbewaffnete Auge vollkommen ausfüllen (Fig. 213). Die Schleimhaut setzt sich mit ihren Längsfalten durch das enge Ostium abdominale auch auf die Fimbrien fort, deren längste, Fimbria ovarica, medianwärts umbiegend nicht selten bis zum lateralen Pol des Eierstockes reicht. Das Epithel der Schleimhaut ist ein einschichtiges flimmerndes Zylinderepithel. Die Zellen sind 15—20 μ hoch, ihre Flimmern schlagen nach dem Ostium uterinum zu (Fig. 214). Die Propria ist sehr zellenreich und grenzt sich gegen die Submucosa durch eine dünne aus

Fig. 213.

Querschnitt durch die Eileiterampulle eines jungen Weibes.

Ca. 25mal vergrössert.

längs verlaufenden Zellenbündeln bestehende Muscularis mucosae ab. Drüsen kommen nach den Befunden der meisten Beobachter in der Tubenschleimhaut nicht vor.

Die Submucosa ist ein sehr lockeres, stark entwickeltes Bindegewebe.

Die Muscularis besteht aus inneren zirkulär und äusseren längs verlaufenden glatten Muskelzügen. Die Muscularis ist im Bereich des Isthmus am stärksten entwickelt, nach der Ampulle zu verdünnt sie sich unter gleichzeitiger Verdickung der Schleimhaut. Die Ringmuskeln übertreffen im Isthmus die Längsmuskeln weit an Mächtigkeit, in

Fig. 214.

Aus einem Schnitte durch die Schleimhautfalte einer menschlichen Tuba Fallopii.

Ca. 480mal vergrössert.

der Ampulle halten sich beide Schichten ungefähr das Gleichgewicht.

Die Serosa, die äusserste Schicht der Tubenwand zeigt die allgemeinen Bauverhältnisse des Peritoneums, sie ist mit der Längsmuskelschicht durch ein lockeres subseröses Bindegewebe verbunden.

Mit Arterien ist die Tubenschleimhaut reich versorgt. Ihre Venen bilden einen an der unteren Kante des Organs entlang ziehenden Plexus.

Die Lymphgefässe entstehen aus Lymphspalten der Schleimhaut, sammeln sich in 2—3 Stämmchen und münden in die kranialen Lymphstämme des Uterus.

Die Nerven treten mit den Arterien in die Längsmuskelschicht und bilden hier einen dichten Plexus, aus dem feine Fäserchen zu den Muskelzellen und ins Epithel steigen (von Gawronski, von Herff).

c) Die Gebärmutter.

Die Gebärmutter, Uterus ist ein in seiner Hauptmasse muskulöses Organ, in dem das befruchtete Ei seine weitere Entwickelung durchmacht bis zur völligen Reife des Fetus. Sie entwickelt sich aus den miteinander verschmolzenen kaudalen Enden der Müller'schen Gänge, deren kaudalster Abschnitt die Vagina liefert.

Wir unterscheiden in der Uteruswand von innen nach aussen die Schleimhaut oder das Endometrium, die Muscularis oder das Myometrium und die Serosa oder das Perimetrium. Eine Submucosa fehlt dem Uterus.

Die Schleimhaut, welche nach Eintritt der Pubertät bis 1 mm dick ist, kleidet das ganze Innere des Uterus aus und geht an dem äusseren Muttermund in die Schleimhaut der Portio vaginalis über. Im Fundus uteri ist sie sehr weich und liegt faltenlos der Muscularis an, in der Cervix dagegen ist sie fester und bildet ein System von Falten, die Plicae palmatae, deren Gesamtheit ein baumförmiges Aussehen hat. Das Schleimhautepithel ist ein einschichtiges Zylinderepithel, dessen Zellen im Fundus niedriger (25—30 μ), in der Cervix höher (35—60 μ) sind (Fig. 215). Während die Zellen beim Neugeborenen noch keine Flimmern tragen, entwickeln sich solche bei Beginn der Pubertät (Wyder). Die Flimmern schlagen ebenso wie die der Tube gegen

den äusseren Muttermund hin. Am inneren Rand des äusseren Muttermundes geht das flimmernde Zylinderepithel des Cavum uteri in das geschichtete Plattenepithel der Portio vaginalis über, bekleidet dieselbe und geht im Fornix vaginae in das Scheidenepithel über.

Die Propria, die sich gegen das Epithel durch eine strukturlose Basalmembran abgrenzt, ist ausserordentlich zellreich, sie wird von manchen Autoren (Leopold, Nagel) für ein retikuliertes Gewebe gehalten, bestehend aus sternförmigen, anastomosierenden Zellen, in dessen Maschen Lymphozyten liegen und das eine reich entwickelte homogene Zwischensubstanz umschliesst. Andere dagegen sehen in ihr nur ein sehr feinfaseriges, zellreiches Bindegewebe. Die Propria enthält keine elastischen Fasern.

Die Uterusschleimhaut ist reich an Drüsen, welche im Fundus und in der Cervix verschiedene morphologische Eigentümlichkeiten aufweisen. Die Drüsen des Fundus, Glandulae uterinae (Fig. 215) sind einfache, meist unverzweigte, seltener dichotomisch verästelte, tubulöse Drüsen, welche in den tieferen Partien oft einen geschlängelten Verlauf nehmen und häufig bis in die Muscularis hineindringen. Ausgekleidet sind sie mit dem Oberflächenepithel, dessen Flimmern nach der Drüsenmündung zu schlagen (Lott). Die Drüsen der Cervix, Glandulae cervicales, sind

Fig. 215.
Aus einem Schnitte durch die Uterusschleimhaut vom Affen.
Ca. 180 mal vergrössert.

dagegen verzweigte alveolär-tubulöse Schleimdrüsen (Taf. XXXII, Fig. 216). Das Sekret der sämtlichen Uterindrüsen bildet eine glasige, fadenziehende, schleimige Masse, durch deren Retention in den Cervikaldrüsen kleine Zystchen in der Cervikalschleimhaut entstehen, die Ovula Nabothi.

Die Muscularis des Uterus bildet die mächtigste der Schichten. Sie besteht aus glatten Muskelzellen, die im jungfräulichen Uterus 50—60 μ lang sind, während der Schwangerschaft auf das zehnfache ihrer Länge anwachsen, um später wieder zu ihren ursprünglichen Dimensionen zurückzukehren. Man kann vier aus solchen Fasern zusammengesetzte Schichten in der Uteruswand unterscheiden (Kreitzer). Unter der Schleimhaut liegt ein wesentlich längs verlaufendes Stratum submucosum. Darauf folgt das die Hauptmasse der Muskulatur umfassende, vorwiegend zirkuläre Stratum vasculare, in dem die grossen Gefässtämme sich finden. Es wird nach aussen bedeckt von dem aus längs und zirkulär verlaufenden Bündeln zusammengesetzten Stratum supravasculare und von der Serosa durch eine dünne Längsmuskelschicht, das Stratum subserosum getrennt. Zwischen den Muskelbündeln finden sich elastische Fasern in grosser Zahl. Sie zweigen sich teils von den elastischen Netzen der grossen Gefässtämme ab, teils treten sie aus der die Serosa gegen die Muscularis abgrenzenden elastischen Grenzmembran heraus und durchsetzen senkrecht zur Oberfläche die Muskulatur (Pick). Nur die innersten Schichten unterhalb der Propria sind frei von elastischen Fasern.

Die Serosa sitzt der Muscularis dicht auf und wird von ihr durch die erwähnte elastische Grenzschicht getrennt. Ein subseröses Bindegewebe fehlt vollständig, deshalb lässt sich auch die Serosa von der Muscularis nur sehr schwer trennen.

Die Arterien der Gebärmutter, Äste der Arteriae uterina und ovarica treten in die Muscularis ein und verzweigen sich vor allem in den mittleren Schichten, daher der Name Stratum vasculare. Von ihnen dringen Zweige zur Schleimhaut und bilden hier ein reiches bis unter die Basalmembran reichendes Kapillarnetz, das die Drüsen eng umstrickt. Die austretenden Venen bilden einen ersten Plexus in der Propria, einen zweiten in den mittleren Schichten der Muscularis.

Die Lymphgefässe bilden drei Netze, ein tiefes in der Propria, ein mittleres in der Muscularis und ein oberflächliches in der Serosa (Poirier). Sie vereinigen sich jederseits zu vier bis

sechs, mit der Art. uterina resp. im Lig. latum verlaufenden, Stämmen, welche in die Lymphoglandulae lumbales eintreten.

Die Nerven des Uterus stammen aus dem Cervikalganglion, Plexus uterovaginalis und aus den Vesikalganglien, Plexus vesicalis. Sie bilden in der Muscularis ein ausserordentlich reiches Nervennetz, aus dem Zweige zu den Muskeln und Gefässen gehen und ins Epithel treten, um zwischen dessen Zellen frei zu enden. Markhaltige Fasern finden sich nur sehr spärlich, Ganglienzellen niemals im Uterus (Labhardt).

In gewissen Lebensphasen des Weibes spielen sich an der Gebärmutter und vor allem an ihrer Schleimhaut wichtige Veränderungen ab, mit welchen wir uns hier kurz befassen wollen. Sie fallen in die Zeit der Menses und in die Zeit der Schwangerschaft.

Unter Menstruation ist eine Blutung in die Uterushöhle zu verstehen. Die Blutung ist aber nur eine Teilerscheinung einer ganzen Reihe von Veränderungen, welche in ganz bestimmten Zwischenräumen sich im Uterus abspielen.

Beim Menschen wiederholt sich die Menstruation normalerweise alle 28 Tage und zwar in unseren Breitegraden vom 14. Lebensjahre angefangen bis zum 45.—50. Jahre. Der Eintritt der Menstruation bezeichnet den Beginn der Pubertät, mit dem Ausbleiben der Menses (Menopause) erlischt die Zeugungsfähigkeit des Weibes.

Die bei der Menstruation innerhalb der Uterusschleimhaut sich abspielenden Prozesse haben wahrscheinlich den Zweck, die Schleimhaut zur Aufnahme eines befruchteten Eies geeignet zu machen. Dieselben bestehen in erster Linie in einer bedeutenden Hyperämie, welche sich schon fünf bis zehn Tage vor Eintritt der Menstruation bemerkbar macht. Die Blutgefässe sind ungewöhnlich stark erweitert, ja es soll sogar nach einigen Autoren zu einer Neubildung von Gefässen kommen (Heape bei Semnopithecus). Die Hyperämie hat eine Wucherung der oberflächlichen Schleimhautschichten zur Folge, welche sich in die Decidua menstrualis verwandeln. Die Schleimhaut wird bis 6 mm dick.

Die Wucherung besteht einmal in einer bedeutenden Vermehrung der homogenen Zwischensubstanz der Propria, dann aber auch in einer Vermehrung der zelligen Elemente der Propria und der Epithelzellen. Das wird bewiesen durch die zahlreichen Mitosen, welche Mandl während der Menstruation in der Propria und im Epithel nachweisen konnte.

Es findet fernerhin Blutaustritt in die subepithelialen Schichten statt, wahrscheinlich nicht durch Berstung der Kapillarwand, sondern durch Auswanderung (Diapedese) der roten Blutkörperchen durch die Kapillarwand hindurch. Das Epithel wird durch solche Blutergüsse streckenweise von der Propria abgehoben, nekrotisiert an diesen Stellen und wird abgestossen. Es erfolgt dadurch eine Blutung in das Cavum uteri und Blut mit Fetzen der Decidua menstrualis werden als Menses nach aussen entleert. Dieselben halten normalerweise ungefähr vier Tage an. Dann werden im Laufe von weiteren vier bis fünf Tagen die entstandenen Epitheldefekte wieder ersetzt, die Zellen des Oberflächen- und des Drüsenepithels vermehren sich durch indirekte Teilung und schieben sich über die entblössten Stellen herüber. In ganz ähnlicher Weise werden die Propriadefekte ersetzt, die Blutgefässe schwellen ab und die Schleimhaut kehrt zur Norm zurück.

Viel tiefgreifender sind die Veränderungen, welche die Uterusschleimhaut während der Schwangerschaft erleidet, nach deren Beendigung sich fast die ganze Gebärmutterschleimhaut als Decidua graviditatis abstösst. Wir unterscheiden in derselben drei Bezirke:

1. Die Decidua basalis oder Decidua serotina ist derjenige Teil der Uterusschleimhaut, an welchem sich das befruchtete Ei festsetzt und an welchem sich später der Mutterkuchen, die Placenta bildet. Sie wird daher auch als Decidua placentalis bezeichnet.

2. Die Decidua capsularis oder Decidua reflexa ist derjenige Teil der Uterusschleimhaut, welcher das Ei umwächst und einhüllt.

3. Die Decidua vera ist die übrige, durch die Einpflanzung des Eies veränderte Schleimhaut der Gebärmutter.

Wir wollen mit der näheren Besprechung der letzteren beginnen. An der Uterusschleimhaut spielen sich während der Schwangerschaft Veränderungen ab, welche denen entsprechen, die sich bei der Menstruation einstellen. Sie liefern eine Schleimhaut, die bis zum Ende des fünften Schwangerschaftsmonats stetig an Dicke zunimmt und einen Durchmesser von 1 cm erreicht.

In erster Linie findet eine Erweiterung und Verlängerung der Gefässe statt, dann aber wachsen auch die Drüsen stark in die Länge und erweitern sich an ihrem Grunde buchtig. Da überdies in der Propria und namentlich in ihren oberflächlichen Teilen die

Bindegewebszellen mächtig wuchern, können wir nun an der Decidua vera eine äussere *kompakte* und eine innere *spongiöse Schicht* unterscheiden.

Die sich vermehrenden Bindegewebszellen liefern die *Deciduazellen*. Es sind das 30—100 μ grosse, rundliche oder polyedrische Elemente, die Epithelzellen recht ähnlich sehen. Sie besitzen

Deciduazellen
Fibrin
Angeschnittene Proliferationsinsel

Fig. 217.

Aus einem Schnitt durch eine menschliche Placenta aus dem fünften Schwangerschaftsmonate (Stück der Placenta uterina).

Ca. 400mal vergrössert.

meistens einen, *seltener* mehrere Kerne, ausnahmsweise enthalten sie sogar bis zu 40 Kerne und werden dann als *Riesenzellen* bezeichnet (Fig. 217 u. 218).

Diese Deciduazellen liegen besonders dicht und haufenweise in der kompakten Schicht, in der die Drüsen gestreckt verlaufen und durch das stark gewucherte Zwischengewebe auseinander gedrängt erscheinen. In der spongiösen Schicht beschränken sie sich auf die schmalen Septen von Zwischengewebe, welche die grossen, buchtigen Hohlräume der erweiterten und stark geschlängelten unteren Drüsenpartien trennen.

Das Oberflächenepithel schwindet vollständig, dagegen vermehrt sich das Drüsenepithel, seine Zellen platten sich ab, sie müssen sich in die Breite dehnen, um die vergrösserten Drüsen auskleiden zu können.

In der zweiten Hälfte der Schwangerschaft, ungefähr mit Beginn des sechsten Monats, treten innerhalb der Decidua vera gewisse Veränderungen auf, welche veranlasst werden durch den von seiten der wachsenden Frucht ausgeübten Druck. Sie führen zu einer bedeutenden Verdünnung der Decidua vera, deren Durchmesser gegen Ende der Schwangerschaft nur noch ca. 2 mm beträgt.

Es handelt sich dabei im wesentlichen um Rückbildungsprozesse. Das Drüsenepithel degeneriert mit alleiniger Ausnahme der der Muscularis benachbarten Drüsenenden. Von ihnen aus erfolgt dann auch nach der Ausstossung der Frucht die Regeneration des Drüsenepithels. Schon um die Mitte der Schwangerschaft lassen sich die Drüsenmündungen nicht mehr erkennen, da sie nach Zerfall des Epithels obliterieren. Die Drüsenhohlräume in der spongiösen Schicht wandeln sich in Spalten um, die parallel zur Uteruswand gestellt sind.

Die Decidua reflexa entsteht durch Faltenbildung aus der Decidua vera und hat auch ursprünglich einen ganz ähnlichen Bau wie jene, verdünnt sich jedoch später bis auf 0,5 mm. Mit der Verdünnung stellen sich auch wesentliche Strukturänderungen ein, welche nach Minot auf einer hyalinen Degeneration beruhen; nach Leopold dagegen verkleben durch den Druck der wachsenden Frucht Decidua vera und reflexa miteinander.

Auch die Decidua serotina hat ursprünglich den gleichen Bau wie die Decidua vera, tritt jedoch später mit den von der Frucht gelieferten Eihüllen in Verbindung und liefert die Placenta (Mutterkuchen).

Die Placenta besteht aus zwei Teilen, deren einer, die Placenta fetalis, von der Frucht geliefert wird, deren anderer veränderte Uterusschleimhaut darstellt, Placenta uterina oder Placenta materna (Fig. 218).

Die Placenta fetalis besteht aus einer bindegewebigen Membran, der Membrana chorii, welche nach aussen, d. h. gegen die Innenfläche des Uterus, zahlreiche verästelte Zotten entwickelt (daher auch Chorion frondosum genannt). Die Zotten sind zu grösseren Büscheln, den Cotyledonen vereinigt.

Mit der der Frucht zugekehrten Fläche verklebt die Membrana chorii vom dritten Schwangerschaftsmonat an mit der zweiten

Fig. 218.

Querschnitt durch eine menschliche Placenta aus dem zweiten Schwangerschafts-monat. (Nach einem Präparat von Prof. Mars.)

Ca. 50mal vergrössert.

Embryonalhülle, dem Amnion. Das letztere besteht aus einem einschichtigen Plattenepithel und einer bindegewebigen Grundlage. Das erstere kleidet die ganze Amnionhöhle aus, die letztere verklebt mit der Membrana chorii.

In die Membrana chorii treten von der Nabelschnur aus zwei Arterien, sie verästeln sich reichlich und führen das Blut vom Embryo zur Placenta fetalis. Zu jedem Cotyledo tritt ein arterieller Ast, zerfällt in feine Ästchen, von denen jedes ein in jeder Zotte gelegenes Kapillarnetz bildet.

Ein Teil der Zotten endet frei — sog. freie Ausläufer Kölliker), ein anderer Teil dagegen senkt sich mit der Spitze in die Placenta uterina und geht mit ihr eine immer festere Verbindung ein. Diese Spitzen bezeichnen wir als Haftwurzeln.

Bindegewebe
Proliferationsinsel
Blutgefäss
Blutgefäss mit noch kernhaltigen Blutzellen
Zottenektoderm
Tangential angeschnittene Proliferationsinsel
Zottensyncytium

Fig. 219.

Querschnitt einer menschlichen Chorionzotte aus dem fünften Schwangerschaftsmonate.

Ca. 300mal vergrössert.

Ihre Verbindung mit der Placenta uterina wird eine so feste, dass man die letztere von der Placenta fetalis von der Mitte der Schwangerschaft an nicht mehr trennen kann.

Die Membrana chorii besteht aus Bindegewebe, das anfangs dem embryonalen Gallertgewebe gleicht, sich aber später zu faserigem Bindegewebe entwickelt. Auch die Grundlage des Zottenkörpers bildet ein solches Gallertgewebe, das sich in den kleineren Zotten erhält, in den gröberen Zottenstämmen aber sich ebenfalls zu fibrillärem Bindegewebe umwandelt (Fig. 218, 219).

Das Epithel, welches die ganze Membrana chorii und ihre Zotten kontinuierlich bekleidet, lässt schon im ersten Schwanger-

schaftsmonat eine Zusammensetzung aus zwei deutlich getrennten Lagen erkennen. Die innere, dem Bindegewebe aufliegende Schicht besteht aus Zellen, die ein helles Protoplasma und deutliche Zellgrenzen besitzen. Es ist das Chorion- resp. Zottenektoderm und wird nach seinem Entdecker gewöhnlich als Langhans'sche Zellschicht bezeichnet (Fig. 219).

Deciduazellen
Kanalisiertes Fibrin
Syncytium
Bindegewebe
Schrägschnitt des Zottensyncytiums
Fibrin

Fig. 220.

Aus einem Durchschnitte durch eine menschliche Placenta aus dem fünften Schwangerschaftsmonate.

Ca. 80mal vergrössert.

In der äusseren Epithellage lassen sich dagegen einzelne Zellen nicht mehr gegeneinander abgrenzen, sondern man erkennt nur innerhalb einer gemeinsamen protoplasmatischen Aussenzone zahlreiche, dicht gedrängte Kerne. Wir haben es hier also mit einem Syncytium, dem Chorion- resp. Zottensyncytium zu tun. Beide Schichten setzen sich scharf gegeneinander ab, da das Protoplasma des Zottensyncytiums sich stärker färbt und kleinere Kerne enthält als die Zellen des Zottenektoderms.

Gegen die Mitte der Schwangerschaft, ungefähr vom fünften Monat an beginnt das Zottenektoderm sich rückzubilden, so dass

dann die Zotten fast nur noch vom Syncytium bedeckt werden. Nur an einzelnen Stellen erhält es sich und bildet auf der Membrana chorii und den Zotten Verdickungen, vor allem treffen wir es an den Zottenspitzen als Zellknoten oder Zellsäulen an. Auch das Syncytium verdickt sich stellenweise zu den sog. Proliferationsinseln (Fig. 219).

Gegen das Ende der Schwangerschaft verschwindet auch das Syncytium. An seiner Stelle tritt eine homogene, stark lichtbrechende Substanz auf, welche zahlreiche Lücken und Spalten enthält und als kanalisiertes Fibrin oder Hyalin bezeichnet wird. Seine Menge nimmt stetig zu (Fig. 220). Seine Herkunft ist ebenso wie die des Syncytiums noch nicht ganz sichergestellt, während über die Abstammung des Zottenektoderms vom Embryo keine Zweifel bestehen.

Die Zotten ragen frei in weite Räume, die mit mütterlichem Blut gefüllt sind und die wir als intervillöse Räume bezeichnen. Es werden so die Zotten gleichsam vom mütterlichen Blut umspült. Die Ansichten über die Herkunft und Bedeutung dieser Räume gehen weit auseinander. Es ist diese Frage mit der Frage nach der Herkunft des Zottensyncytiums eng verknüpft.

Nach der einen, gegenwärtig am meisten verbreiteten Ansicht (Virchow, Turner, Ercolani, Leopold, Waldeyer, Keibel, Selenka, Martens) entsprechen die intervillösen Räume den ungemein erweiterten Blutkapillaren der mütterlichen Schleimhaut. Man muss sich vorstellen, dass in einem frühen Entwickelungsstadium das Chorion und die Decidua serotina sehr eng aneinander liegen und das beiderseitige Epithel miteinander verklebt. Es wachsen dann die Zotten in das Deciduagewebe hinein, in dem sich die Blutkapillaren zu einem ausgedehnten Kavernensystem erweitert haben. Das letztere umfasst ringsum die Zotten, so dass sie im mütterlichen Blute flottieren. Als Beweis dafür, dass die intervillösen Räume den erweiterten mütterlichen Blutgefässen entsprechen, wird angeführt (Turner, Leopold, Waldeyer, Keibel), dass an einzelnen Stellen der intervillösen Räume platte Zellen sich nachweisen lassen, welche der Epithelauskleidung der mütterlichen Gefässe entsprechen. Durch Waldeyer vorgenommene Injektionen stützen diese Ansicht.

Nach der anderen Ansicht (Kölliker, Langhans, Hofmeyer, Minot, Mars, Nowak) stammen die intervillösen Räume von demjenigen Hohlraum ab, der ursprünglich zwischen den nur lose und vor allem nur mittelst der Zottenspitzen ver-

bundenen Placentae uterina und fetalis bestand. Es handelte sich also um einen interplacentalen Spaltraum, der ursprünglich kein Blut enthält und sich erst später, wenn sich die mütterlichen Gefässe in ihn öffnen, mit Blut füllt. Fast alle Anhänger dieser letzten Ansicht betrachten beide Schichten des Chorionüberzuges als kindlichen Ursprunges und namentlich soll das Syncytium ein Produkt des Differenzierungsprozesses des darunter liegenden Zottenektoderms bilden.

Der mütterliche Anteil der Placenta, die Placenta uterina wird gebildet von der Decidua serotina. Sie unterscheidet sich in manchen Punkten von den beiden anderen Deciduae.

Vom fünften Monat an entwickeln sich in ihr grosse, vielkernige Riesenzellen, die in der reifen Placenta in grosser Zahl sich finden.

Von ihrer, der Placenta fetalis zugewandten Fläche springen dickere oder dünnere bindegewebige Septen, Septa placentae, zwischen die Chorionzotten vor, ohne jedoch die Membrana chorii zu erreichen. Nur in den Randpartien der Placenta kommt es zu einer Verwachsung beider in Form des subchorialen Schlussringes (Waldeyer). Es bilden diese Septen innerhalb der Placenta eine grosse Zahl von Fächern, in deren jedes ein Büschel Zotten, ein Cotyledo, hineinragt.

Was die Zirkulation innerhalb der Placenta anbetrifft, so treten durch die Muscularis des Uterus und die Spongiosa zahlreiche Arterienstämme in den äusseren Teil der Placenta uterina ein. Dabei verlieren die in charakteristischen Spiraltouren verlaufenden Arterien ihre Muskulatur und ihr elastisches Gewebe, so dass ihre aus Epithel und spärlichem Bindegewebe bestehende Wand den Deciduazellen direkt anliegt. Nach wenigen Verästelungen treten sie in die Septen ein und öffnen sich in die intervillösen Räume.

Auch die Venen entwickeln sich direkt aus diesen Räumen, so dass die letzteren als stark erweiterte Kapillaren aufgefasst werden müssen. Die Venen öffnen sich in die intervillösen Räume vornehmlich zwischen den Septen, der Mitte des Cotyledo gegenüber, die arteriellen Öffnungen liegen dagegen auf den Septen selbst, so dass das Blut vom Rande zum Zentrum des Cotyledo strömt, um hier abzufliessen (Bumm und S. Klein).

Jeder Cotyledo stellt seinen eigenen Strombezirk dar, von seinem Nachbar jedoch nur unvollkommen geschieden, denn die Septen erreichen ja, wie früher erwähnt, die Membrana chorii nicht.

Es enthalten so die intervillösen Räume mütterliches Blut, während die Zotten fetales Blut führen. Mütterliches und fetales Blut sind getrennt durch das Zottenepithel und die Kapillarwand, durch welche hindurch der Austausch der Blutgase stattfindet. Eine direkte Mischung beider Blutarten aber hat nirgends statt.

d) Die Scheide.

Die Scheide, Vagina, ist ein 8—10 cm langes Rohr, welches mit seinem oberen Abschnitt, dem Scheidengewölbe, Fornix vaginae, die Portio vaginalis uteri umfasst und unten mit seinem Orificium externum in das Vestibulum vaginae, den schon den äusseren Genitalien angehörigen Vorhof übergeht. Scheide und Vorhof werden im jungfräulichen Zustand getrennt durch eine halbmondförmige Falte, den Hymen.

An der Scheidenwandung kann man unterscheiden von innen nach aussen die Schleimhaut, die Submucosa, die Muskelhaut und die Faserhaut.

Die Schleimhaut der Scheide legt sich im jungfräulichen Zustand in eine Anzahl querverlaufender Falten (Rugae), welche sich in der Mitte der Vorder- und Hinterwand zu je einem Längswulst vereinigen, den Columnae rugarum anterior und posterior. Die Schleimhaut wird bedeckt von einem bis zu 200 μ dicken, geschichteten Plattenepithel, das in seinen oberflächlichsten Zellagen Eleïdintröpfchen enthalten kann, also schon im Vorstadium des Verhornungsprozesses begriffen ist. Das Epithel kleidet die gesamte Scheidenhöhle aus, schlägt sich im Fornix auch auf die Portio vaginalis uteri über und geht am inneren Ende des äusseren Muttermundes in das flimmernde Zylinderepithel der Uterusschleimhaut über.

Die Propria der Schleimhaut besteht aus einem an elastischen Fasern ausserordentlich reichen Bindegewebe. Sie ragt in Form dünner langer Papillen in das Epithel. Die Propria ist sehr gefässreich und enthält viel lymphoides Gewebe, manchmal in Form kleiner Follikel, Noduli lymphatici vaginales. Drüsen fehlen der Scheidenwand vollständig. Die sich in der Scheide immer findende schleimige Flüssigkeit ist der abgeflossene Uterinschleim, der hier saure Reaktion annimmt, vielleicht durch Bakterienwirkung.

Die Submucosa ist ein lockeres, ebenfalls an elastischen Fasern sehr reiches Bindegewebe.

Die Muskelhaut der Scheide zeigt eine innere, dünne, inkonstante Ringmuskelschicht und eine mächtige, äussere Längs-

muskelschicht. Beide bestehen aus glatten Muskelzellen. Zu ihnen gesellt sich am Orificium externum noch ein den Scheideneingang umkreisender Ringmuskel, Sphincter vaginae, der aus quergestreiften Fasern besteht.

Die Faserhaut stellt ein lockeres Bindegewebe dar, welches die Scheide mit den Nachbarorganen verbindet. In ihr verlaufen die grossen Gefässtämme.

Die Arterien der Scheide stammen aus den Arteriae vaginales und haemorrhoidalis media, sie verzweigen sich in der Muskelhaut, Submucosa und Propria und bilden Kapillarschlingen in den Papillen der letzteren. Die Venen bilden mächtige Plexus, vor allem in der Faserhaut, sie fliessen ab in die Plexus uterovaginalis und vesicalis.

Auch Lymphgefässnetze sind in der Scheide in grosser Ausdehnung vorhanden, besonders in der Muskelhaut und der Propria. Sie münden teils in die Lymphoglandulae inguinales superficiales, teils in die Lymphoglandulae rectales.

Die Nerven der Scheide stammen teils aus dem Plexus uterovaginalis, teils aus dem Plexus vesicalis. In ihrem Verlauf sind zahlreiche Ganglienzellen eingeschaltet. Sie endigen an den Muskeln und frei im Schleimhautepithel.

Der Hymen ist eine bindegewebige Duplikatur der Vaginalschleimhaut. Auf seiner inneren Fläche ist er mit Scheidenepithel, auf seiner äusseren mit Vorhofsepithel bedeckt, das sich von jenem durch stärkere Verhornung auszeichnet.

e) Der Kitzler.

Der Kitzler, Clitoris, entspricht entwickelungsgeschichtlich dem dorsalen Teil des Penis und besteht wie dieser aus zwei Schwellkörpern, denen sich nach vorne die kleine Glans clitoridis anschliesst. In bezug auf den Bau dieser Teile kann auf das beim Penis Gesagte verwiesen werden.

Die Glans clitoridis ist von der Vorhofsschleimhaut überzogen, sie ist an Nerven ausserordentlich reich. Ihre Propria bildet starke Papillen.

f) und g) Die grossen und kleinen Schamlippen.

Die Schamlippen, Labia majora und minora, sind Hautduplikaturen, die grossen Schamlippen Duplikaturen der äusseren Haut, die kleinen Schamlippen Duplikaturen der Vorhofs-

schleimhaut. Dementsprechend sind die grossen Labien mehr oder weniger behaart, die kleinen Labien dagegen unbehaart. Talgdrüsen finden sich in beiden. Die Schamlippen bestehen aus lockerem Bindegewebe, das von einem geschichteten Epithel überzogen wird. In dem ersteren finden sich zahlreiche elastische Fasern und viele Fettzellen. Von den Blutgefässen wären besonders die starken Venenplexus der grossen Labien zu erwähnen. Mit Nerven, teils frei im Epithel, teils in besonderen Endkörperchen endigenden, sind die Schamlippen reichlich versehen.

h) Der Scheidenvorhof.

Als Scheidenvorhof, Vestibulum vaginae, bezeichnen wir jenen Raum, der von den kleinen Labien umschlossen wird und in den Harnröhre und Vagina ausmünden. Ausserdem münden in ihn aber auch zwei den Cowper'schen Drüsen des Mannes entsprechende Drüsen, die Glandulae vestibulares majores oder Bartholini'schen Drüsen. Sie zeigen genau den gleichen Bau wie die Cowper'schen Drüsen, so dass auf das dort Gesagte verwiesen werden kann.

Als Glandulae vestibulares minores bezeichnet man kleine, verzweigte, tubulo-alveoläre Schleimdrüsen, die sich in der nächsten Umgebung des Orificium externum vaginae, vor allem zwischen ihm und dem Orificium externum urethrae finden.

VI. Das Bewegungssystem.

Das Bewegungssystem setzt sich zusammen aus dem Skelett und den Muskeln. Beide Bestandteile sollen getrennt besprochen werden.

1. Das Skelett.

Den wesentlichsten Bestandteil des Skeletts bilden die Knochen, in zweiter Linie kämen dann noch der Knorpel und die bindegewebigen Teile der Gelenke in Betracht.

Der Bau von Knochen- und Knorpelgewebe ist im ersten Teile des Lehrbuches eingehend abgehandelt worden. Hier sollen nur noch als Ergänzung einige Punkte erörtert werden, welche die Knochen und Knorpel als Organe betreffen, ausserdem soll die Entwickelung der Knochen besprochen werden.

A. Die Knochen.

Die Knochen bestehen als Organe aus der Knochenhaut, dem Knochengewebe und dem Knochenmark. Ausserdem enthält der Knochen, wie fast jedes andere Organ Gefässe und Nerven.

Jeder Knochen wird überall da, wo er nicht von Knorpel bedeckt ist, von einer bindegewebigen Haut überzogen, die wir als Knochenhaut, Beinhaut oder Periost bezeichnen. Sie besteht aus derbem Bindegewebe und lässt zwei Schichten erkennen, eine äussere fibröse Schicht, welche nur spärliche Zellen, dagegen Blutgefässe und Nerven in grösserer Zahl enthält und eine innere zartere Schicht, die an Blutgefässen arm ist, sich aber durch ihren Reichtum an elastischen Fasern und Fibroblasten auszeichnet.

An der Grenze von Periost und Knochen treffen wir eine einfache Lage kubischer Zellen, Osteoblasten, welche bei der Entwickelung und Regeneration des Knochens eine grosse Rolle spielen.

Die Verbindung des Periosts mit dem Knochen kann eine mehr oder minder feste sein. Sie wird bewirkt einmal durch die Gefässe und Nerven, welche aus dem Periost in den Knochen eintreten und ferner durch Bündel von Bindegewebsfibrillen (Sharpey'sche Fasern) und elastischen Fasern, welche von der inneren Periostschicht in die Knochensubstanz eindringen.

Das Knochenmark treffen wir in allen Knochen der höheren Tiere und der Menschen. Es füllt in den Röhrenknochen die axialen Höhlen (Markhöhlen) aus und tritt auch in die grösseren Havers'schen Kanäle ein, in den platten Knochen dagegen erfüllt es die Maschen der spongiösen Substanz.

Bei Embryonen und jugendlichen Individuen besitzt das Knochenmark eine exquisit rote Farbe, wir sprechen deshalb hier von rotem Knochenmark. Mit der Zeit jedoch nimmt es, namentlich in den Diaphysen der kurzen und langen Knochen der Extremitäten eine gelbe Farbe an, gelbes Knochenmark, so dass wir beim Erwachsenen rotes Knochenmark nur noch in den Epiphysen jener Knochen, in den Wirbelkörpern und in den platten Knochen finden. Das rote Knochenmark nun ist im postembryonalen Leben die wichtigste Bildungsstätte von roten Blutkörperchen. Es kann deshalb nach schweren Blutverlusten in späteren Lebensjahren eine teilweise Rückbildung von gelbem Knochenmark in rotes Knochenmark erfolgen.

Wir können im einzelnen in dem roten Knochenmark, dessen Grundlage ein retikuliertes Gewebe bildet, folgende Elemente unterscheiden (Taf. XXXIV, Fig. 225):

1. Die Markzellen, Myelozyten, haben Ähnlichkeit mit gewissen Formen von Leukozyten und finden sich nie im normalen, sehr zahlreich aber im leukämischen Blute. Ihre Kerne sind ziemlich gross und nur selten gelappt. Der sie umgebende Protoplasmakörper ist mehr oder weniger breit und enthält feine Körnchen in grösserer oder geringerer Menge, welche beim Menschen neutrophil (ε-Granulation), bei Tieren amphophil, d. h. sowohl in sauren wie in basischen Anilinfarbstoffen färbbar (Ehrlich's β-Granulation) sind.

2. Die Erythroblasten oder Hämatoblasten sind kernhaltige Zellen, deren Leib durch das in ihm enthaltene Hämoglobin gelb gefärbt erscheint. Wir haben es in ihnen also mit kernhaltigen roten Blutkörperchen, mit den Vorstufen der fertigen Erythrozyten zu tun.

3. Erythrozyten, fertige rote Blutkörperchen.

4. Riesenzellen, grosse Zellkörper, deren Kerne ausserordentlich verschiedene Formen aufweisen, sie können kugelig, gelappt, ringförmig und kugelschalenförmig sein. Die ältere Anschauung, dass diese Zellen durch Verschmelzung mehrerer kleiner Zellen entstehen, ist heute ganz verlassen. Sie entwickeln sich aus einkernigen Zellen dadurch, dass sich ihr Kern vollständig oder unvollständig fragmentiert. Dabei wächst der Zellkörper immer mehr, ohne sich zu teilen. Es können aber auch von diesen Zellen kernhaltige Stücke des Zellkörpers abgeschnürt werden und durch einen derartigen „Knospungsprozess“ neue Markzellen geliefert werden (Arnold). Nach grossen Blutverlusten kann man diesen Prozess massenhaft sich an den Riesenzellen abspielen sehen.

Dieser Gruppe von Zellen gehören auch die Myeloplaxen oder Osteoklasten an, welche bei der Entwickelung des Knochens eine wichtige Rolle spielen und an entsprechender Stelle berücksichtigt werden sollen.

5. Eosinophile Zellen.

6. Mastzellen, die, wie wir früher sahen, auch ausnahmsweise im Blute vorkommen.

Ausserdem finden sich im roten Knochenmarke spärliche Fettzellen, sowie Gefässe und Nerven.

Das gelbe Knochenmark oder Fettmark verdankt seine gelbe Farbe dem hohen Fettgehalt und entwickelt sich aus dem

roten Knochenmark dadurch, dass dessen spezifische Elemente allmählich verschwinden und an ihre Stelle Fettzellen treten.

Bei alten oder abgemagerten Individuen, nach erschöpfenden Krankheiten, verschwindet das Fett zum grossen Teil aus dem Knochenmark, seine Farbe wird gelbrot, seine Konsistenz schleimig. Wir sprechen dann von einem gelatinösen Knochenmark.

Die gesamte Markhöhle des Knochens wird ausgekleidet von einer dünnen, bindegewebigen Membran, welche man als Endosteum oder als inneres Periost bezeichnet.

Knochenhaut, Knochen und Knochenmark sind mehr oder weniger reichlich mit Blutgefässen versehen. Diese Gefässe treten aus der Umgebung des Knochens in das Periost ein, gelangen von hier durch die Volkmann'schen Kanäle in die Havers'schen Kanäle und gehen, nachdem sie diese durchsetzt haben, in das Gefässnetz des Knochenmarks über. Die Gefässe anastomosieren in ausgedehnter Weise miteinander und bilden so ein den ganzen Knochen durchsetzendes System.

Die Arteriae nutritiae, die stärkeren Arterien des Knochens treten durch die Foramina nutritia in den Knochen ein und gelangen noch mit ihren gröberen Zweigen ins Knochenmark. Hier zerfallen sie in zahlreiche Zweige, die sich in ein reiches, die Markzellen umspinnendes Kapillarnetz auflösen. Dabei erweitern sich die anfangs engen Kapillaren beträchtlich und fliessen zu kleinen, äusserst zartwandigen Venen zusammen.

Die Arteriae nutritiae, welche in die Diaphyse der langen Röhrenknochen eintreten, erlangen ihre stärkste Ausbildung in der Jugend, dann nimmt ihr Kaliber mit der allmählichen Entwickelung des Fettmarkes auch entsprechend ab (Dieulafé).

Die Venen des Knochenmarks, wie alle innerhalb des Knochens verlaufenden Venen sind klappenlos. Ihre Wandung ist äusserst dünn, so dass man früher glaubte, dass das venöse Blut innerhalb des Knochenmarks in wandungslosen Bahnen fliesse oder dass die Venenwand vielfach durchbrochen sei.

Die Lymphgefässe bilden ein oberflächliches Netz im Periost, durchziehen innerhalb der Havers'schen Kanäle die Knochensubstanz und bilden ein zweites, tiefes Netz auf der Innenfläche des Knochens.

Von Nerven treten an den Knochen sowohl markhaltige als marklose heran. Sie endigen teils im Periost in besonderen (Pacini'schen) Endkörperchen, teils dringen sie in den Knochen ein und gelangen bis zum Knochenmark.

Verbindungen der Knochen.

Die Knochen können miteinander entweder fest oder beweglich verbunden sein. Im ersten Falle sprechen wir von einer Fuge oder Synarthrosis, im letzteren Falle von einem Gelenk oder einer Diarthrosis. Zwischen beiden Verbindungsarten gibt es wieder mannigfache Übergänge.

a) Die feste Verbindung kann entweder durch Knochen (Synostosis) oder durch Knorpel (Synchondrosis) oder durch bindegewebige Bänder (Syndesmosis) erfolgen.

Synostosen finden sich als Verbindung mancher Schädelknochen (beide Hälften des Os frontale, Verbindung der Ossa sphenoidale und occipitale etc.).

Synchondrose. Der Knorpelüberzug, mittelst dessen sich die Knochen miteinander verbinden, ist meist ein Rest der Knorpelanlage, also von Haus aus hyalin, doch treten später Faserbildungen in diesen Knorpelresten auf, so dass wir es dann meistens mit Bindegewebsknorpel zu tun haben.

Solche Synchondrosen finden sich vielfach zwischen den Schädelknochen, Rippen und Brustbein, am Becken etc. Besondere Beachtung verdienen hier die Zwischenwirbelscheiben oder Fibrocartilagines intervertebrales. Sie bestehen aus zwei allmählich ineinander übergehenden Bestandteilen, aus einem äusseren, festen, knorpeligen Ring und aus dem Gallertkern. Der äussere Ring, Annulus fibrosus, besteht aus Bindegewebsknorpel, der eine deutliche konzentrische Schichtung aufweist von abwechselnd weissen, seidigglänzenden und rötlichen, matten Schichten. Die verschiedene Färbung ist eine optische Erscheinung, die ihren Grund in der verschiedenen Verlaufsrichtung der die Lamellen zusammensetzenden Faserbündel hat. Die äussersten Schichten des Annulus fibrosus bestehen aus zirkulär verlaufenden Bindegewebsbündeln mit spärlichen Knorpelzellen; nach innen zu konvergieren die Fasern in spitzem Winkel zur Bildung von Lamellen und die Zellen werden zahlreicher. Der Gallertkern (Nucleus pulposus), welchen der Annulus fibrosus umschliesst, enthält Reste der Chorda dorsalis in Form von Haufen vakuolisierter, mehrkerniger Zellen, die in einer undeutlich faserigen oder körnigen, schleimig weichen, „oft wie in Zersetzung begriffenen Grundsubstanz“ (Fick) liegen.

Syndesmosen treten auf in der Form der straffen Syndesmose durch schwächer oder stärker entwickeltes, fibrilläres

Bindegewebe, der elastischen Syndesmose durch elastisches Gewebe (Ligamenta flava, Lig. nuchae) und der Suturen, bei denen die verbindenden Bindegewebsmassen nur sehr dünn sind.

b) Bei den Gelenken müssen wir die Gelenkenden der Knochen, die Labra glenoidalia, die Menisci articulares und die Gelenkkapseln berücksichtigen.

Die Gelenkenden der Knochen sind von hyalinem Knorpel überzogen, der vom eigentlichen Knochen durch einen Streifen verkalkten Knorpels getrennt ist. Am Rand der Gelenkfläche ist der Knorpel von einer Bindegewebslage überzogen. Die tieferen Zellagen des Knorpels sind in zur Gelenkoberfläche senkrecht stehenden Säulen geordnet. Nach oben zu werden die Zellen klein und platt und liegen epithelartig der Oberfläche parallel. In manchen Gelenken findet sich an Stelle von Hyalinknorpel Bindegewebsknorpel (Sternoklavikulargelenk, Kiefergelenk).

Die Menisci articulares und Labra glenoidalia bestehen aus einer faserigen Grundsubstanz und eingelagerten Zellen. Ob es sich in letzteren um Knorpelzellen oder Bindegewebszellen handelt, ist noch strittig.

An den Gelenkkapseln können wir einen äusseren Teil (Stratum fibrosum capsulae articularis) und einen inneren Teil (Stratum synoviale capsulae articularis) unterscheiden.

Das Stratum fibrosum wird gebildet von im wesentlichen parallel verlaufenden Bindegewebsbündeln mit spärlichen, elastischen Fasern. Das Stratum synoviale ist ein lockeres Bindegewebe mit zahlreichen stark verästelten Fibroblasten. Sie liegen ähnlich, wie die Hornhautkörperchen innerhalb eines Saftlückensystems, das einerseits mit der Gelenkhöhle, andererseits mit den Lymphgefässen in Verbindung steht (H. Braun). Da diese Fibroblasten auf der Innenfläche des Stratum synoviale einen, allerdings vielfach unterbrochenen Überzug bilden, so hat man früher von einer Epithel- oder Endothelauskleidung der Gelenke gesprochen. In den tieferen Schichten des Stratum synoviale finden sich vereinzelte Fettzellen, Blut- und Lymphgefässe und sensible Nerven mit Endkolben.

Die Gelenkzotten, Synovialzotten, Villi synoviales bestehen aus fibrillärem Bindegewebe mit spärlichen Fibroblasten. Die kleinen Zotten sind gefässlos, die grösseren enthalten Kapillarschlingen.

Die Gelenkschmiere, Synovia, ist eine gelbliche, fadenziehende Flüssigkeit von alkalischer Reaktion, die 3—5% feste

Bestandteile enthält, darunter Eiweiss und eine muzinartige Substanz, das Synoviamuzin (von Holst). Während der Ruhe ist die Synoviamenge grösser als bei anhaltender Bewegung. An körperlichen Elementen enthält die Synovia Wanderzellen und Zerfallsprodukte von solchen, Fetttröpfchen und Trümmer des allmählich arrodierten Knorpelüberzugs der Knochenenden.

Entwickelung der Knochen.

Das Knochengewebe entwickelt sich am spätesten von allen Geweben des menschlichen Körpers und zwar immer dergestalt, dass sich zunächst eine knorpelige oder bindegewebige Anlage bildet, die dann erst sekundär verknöchert. Es ist demnach in gewissen Entwickelungsstadien das knöcherne Skelett entweder durch Knorpel oder durch Bindegewebe vertreten.

a) Entwickelung der knorpelig präformierten Knochen.

Im knorpelig angelegten Knochen geht der Verknöcherungsprozess einmal vom Inneren der Knorpelanlage aus (enchondrale oder endochondrale Ossifikation) und zweitens von dem die Oberfläche des Knorpels überziehenden Perichondrium (perichondrale oder fälschlich periostale Verknöcherung).

Der Prozess der enchondralen Ossifikation (Fig. 221 und 222) setzt ein mit der Vergrösserung und Vermehrung der Knorpelzellen, wodurch in je eine vergrösserte Knorpelhöhle mehrere Knorpelzellen zu liegen kommen. Die homogene Grundsubstanz der umgebenden Knorpelpartien trübt sich durch Ablagerung von Kalksalzen. In den nun stark vergrösserten Knorpelhöhlen kommt es zu einer Schrumpfung der Knorpelzellen. Eine derartig veränderte Stelle innerhalb eines knorpeligen Skelettstückes bezeichnen wir als Verkalkungspunkt oder Ossifikationspunkt. Die Ossifikationspunkte treten meistens zu mehreren in jedem Knochen auf, so geht die Verknöcherung der langen Knochen zunächst von einem Punkt in der Diaphyse aus, später treten zwei weitere in den Epiphysen auf. Das Wachstum der Ossifikationspunkte ist ein eng begrenztes, es kommt bald zum Stillstand, während der übrige Knorpel weiter wächst.

Gleichzeitig mit oder selbst noch vor dem Auftreten des Ossifikationspunktes spielen sich aber an der inneren Schicht des Perichondriums Veränderungen ab, welche die perichondrale Ossifikation einleiten. Diese zellenreiche, stark vaskularisirte

Schicht soll in Knochen umgewandelt werden und wird als osteogenes Gewebe bezeichnet.

Die Umwandlung geht so vor sich, dass die Grundsubstanz verkalkt und die in ihr gelegenen Zellen sich in Knochenkörperchen umwandeln. So entsteht an der Grenze von Knorpel und

Fig. 221.

Aus einem Längsschnitte eines Fingers eines $3^{1}/_{2}$ monatlichen menschlichen Embryos.

Zwei Drittel der zweiten Phalanx gezeichnet. Bei × ist die Periostknospe zu sehen. Ca. 85mal vergrössert.

Perichondrium eine Knochenschicht und das Perichondrium wird zum Periost.

Von dem Periost aus dringen nun, durch Proliferation seiner inneren Schicht entstehende Knospen (Periostknospen) gegen den Knorpel vor und zwar vor allem an jenen Stellen, wo in der Tiefe ein Ossifikationspunkt liegt (Fig. 222). Die vordringende Knospe löst die verkalkte Grundsubstanz auf, so dass ein anfangs

kleiner Hohlraum im Inneren des Knorpels entsteht, der primordiale Markraum, die primäre Markhöhle. Er enthält einmal die vom Periost her eingedrungenen Zellmassen, ferner diejenigen Knorpelzellen, welche durch die Lösung der Grundsubstauz und Zerstörung der Kapseln frei geworden sind, ausserdem aber auch Blutgefässe, die mit dem Periost von aussen her eingedrungen sind.

Knorpelhöhle

Osteogenes Gewebe (Periost)

Knorpelmarkzellen

Periostknospe

Verkalkte Knorpelgrundsubstanz

Perichondraler Knochen

Fig. 222.

Die mit × bezeichnete Stelle der vorigen Figur bei stärkerer Vergrösserung.

Ca. 185 mal vergrössert.

Jene Zellen, welche die primäre Markhöhle ausfüllen, man bezeichnet sie auch als Knorpelmarkzellen, bilden zum Teil die Elemente des künftigen Knochenmarks, zum Teil aber übernehmen sie die wichtige Aufgabe der Knochenbildung, sie werden zu Osteoblasten. Sie wandeln sich nämlich zu grossen, oft mit Fortsätzen versehenen Zellen um und lagern sich den Wandungen der primären Markhöhle in einfacher Schicht auf, so dass dieselbe wie mit einem einschichtigen Epithel austapeziert erscheint. Eine ganz ähnliche Lage von Osteoblasten findet sich auch auf der äusseren Knochenschale unter dem Periost und übernimmt hier die Knochenbildung.

Die primäre Markhöhle vergrössert sich immer mehr dadurch, dass die eingedrungenen Gefässe mit den Markzellen ihre knorpelauflösende Tätigkeit immer weiter fortsetzen.

Besonders instruktiv sind die Bilder, die man an Längsschnitten durch ossifizierende Röhrenknochen erhält, wie sie die Fig. 223 auf Taf. XXXIII und 224 auf Taf. XXXIV darstellen. Hier erkennt man auch, welche charakteristische Veränderungen der an

beiden Enden der Diaphyse liegende unveränderte Hyalinknorpe dabei durchmacht.

Wir können in ihm mehrere durch Grösse und Anordnung der Zellen differente Zonen deutlich unterscheiden. Am weitesten nach der Epiphyse haben wir die bekannten charakteristischen Knorpelzellen, zu zwei oder drei von einer gemeinsamen Kapsel umgeben. Nach der Mitte der Diaphyse zu werden die Knorpelzellen grösser und ordnen sich zu Zellsäulen hintereinander an. Wir treten in das Gebiet des Säulenknorpels. Zwischen je zwei Zellsäulen liegt ein Balken von Grundsubstanz. Noch näher nach dem Markraum zu erscheinen die Knorpelkapseln blasig aufgetrieben, Gebiet des grossblasigen Knorpels. Gegen diese letzteren dringen nun die Gefässe vom Markraum vor, sprengen die Knorpelkapseln und befreien die in ihnen gelegenen Zellen. Die Balken der Grundsubstanz aber, die die Zellsäulen trennen, bleiben, wenn auch stark verdünnt, stehen, so dass wir, von dem Knorpel ausgehend und die Markhöhle zum Teil durchsetzend, ein System von Knorpelbalken erhalten, die Richtungsbalken der Verknöcherung.

Auf diese Richtungsbalken legen sich nun die Osteoblasten, ganz wie auf die Innenfläche der Markhöhle epithelartig auf und verwandeln sie in Knochenbalken, es entsteht so die Spongiosa des Knochens. Es enthält also jedes Knochenbälkchen in seinem Inneren einen knorpeligen Grundstock, der sich noch sehr lang erhält, bis er auch schliesslich verknöchert. Wir sehen demnach, dass der Knorpel nur eine intermediäre, eine Hilfsrolle in der Skelettentwickelung spielt: nachdem er seine Rolle als provisorisches Stützorgan ausgespielt hat, wird er vernichtet und an seine Stelle tritt ein anderes Gewebe, dessen Elemente die Zellen des Periosts, die Fibroblasten sind. Periostale Verknöcherung und enchondrale Verknöcherung sind nur örtliche Begriffe, dem Wesen nach sind beide Prozesse gleichartig.

Wie erfolgt nun die Ausscheidung der Knochensubstanz? Nach den grundlegenden Untersuchungen von Kölliker scheidet jeder Osteoblast die Knochengrundsubstanz um sich herum ab und kommt damit selbst in dieselbe zu liegen. Wie wir sahen, sind die Osteoblasten verästelte Zellen; wenn sie sich epithelartig dem Knorpel auflegen, treten sie durch ihre Ausläufer mit einander in Verbindung und es enthält so die junge Knochensubstanz ein System von kommunizierenden Kanälchen, die die Ausläufer der Osteoblasten umschliessen.

Der Osteoblast scheidet aber nicht allein Knochengrundsubstanz, sondern als echter Fibroblast auch leimgebende Fibrillen aus. Nach Gardner teilen sich die Osteoblasten in diese beiden verschiedenen Prozesse. Die einen sondern Grundsubstanz ab und werden in der beschriebenen Weise zu Knochenzellen, die anderen bilden in ihrem Zellkörper leimgebende Fibrillen und gehen nach Beendigung dieser Tätigkeit zugrunde, so dass nun die Fibrillen in die Grundsubstanz zu liegen kommen.

Fig. 226.
Aus einem Längsschnitte durch das Os femoris eines Kaninchenembryos.
Ca. 335 mal vergrössert.

Während dieser Zeit hat sich der Knochen an der Peripherie vom Periost aus mit einer dicken Schicht Knochen umgeben und lagert nun immer eine Schicht von Knochensubstanz um die andere herum ab. Er wächst in die Dicke durch Apposition. Dabei werden die an der Oberfläche verlaufenden Gefässe von dem jungen Knochen umgeben, lamellenweise mit Knochen eingeengt und werden zu Havers'schen Kanälen mit ihren umhüllenden Lamellensystemen.

Die Verknöcherung in der zu dieser Zeit noch rein knorpeligen Epiphyse erfolgt später. Auch in ihr tritt zuerst ein Verknöcherungspunkt auf, in den dann das Perichondrium mit seinen Gefässen einwuchert. Es entsteht dann ein Markraum, bei dessen Vergrösserung sich die Verknöcherungsgrenzen der Diaphyse und Epiphyse immer mehr nähern. Sie werden beide durch eine Knorpelfuge getrennt. Diese letztere erhält sich bis in die Pubertät, vergrössert sich fortwährend und wird dabei in ihrem diaphysären Anteil in Knochen verwandelt. Sie liefert somit das Material für das Längenwachstum des Knochens.

Damit aber der Knochen seine definitive Form erhalte, muss auch neu gebildeter Knochen wieder zerstört werden. Man denke nur an die definitive Markhöhle, die beim erwachsenen Knochen um so viel grösser ist, als beim neugeborenen Knochen. Die Resorption solchen überschüssigen Knochens wird besorgt von besonderen Zellen, den Osteoklasten oder Myeloplaxen (Fig. 226). Es sind das sehr grosse Zellen, die immer mehrere, zu Haufen zusammenliegende Kerne enthalten. Man findet sie in Vertiefungen der Knochensubstanz liegend, den sog. Howship'schen Lakunen, die durch ihre resorptive Tätigkeit entstanden sind (Fig. 226).

Knorpelig präformiert sind alle Knochen des Skeletts mit Ausnahme der Knochen des Schädeldaches, der Seitenteile des Schädels, des grössten Teiles der Gesichtsknochen und eines kleinen Teiles der Schädelbasis.

b) Entwickelung der Bindegewebsknochen.

Die Entwickelung des Bindegewebsknochens beginnt damit, dass innerhalb der bindegewebigen Grundlage einzelne Bindegewebsbündel verkalken. Ihnen lagern sich die umliegenden Fibro-

Knochenzellen
Osteoblasten
Blutgefäss
Bindegewebsbündel
Knochen

Fig. 227.

Aus einem Querschnitte durch das Scheitelbein eines menschlichen Embryos. Ca. 220mal vergrössert.

blasten in einfacher Schicht auf, wandeln sich zu Osteoblasten um und beginnen ganz in der früher geschilderten Weise Knochen abzuscheiden (Fig. 227). Von dieser Knochenplatte erheben sich bald Leisten und Zapfen von jungem Knochengewebe, welche sich

einander verbinden und die Diploë bilden. Hat dieselbe eine gewisse Dicke erreicht, so wird nunmehr auf beide Flächen eine Schicht von Knochen nach der andern abgelagert, es wird die Compacta gebildet, der Knochen wächst in die Dicke.

Bindegewebig angelegt sind die Knochen der Seitenteile des Schädels und des Schädeldaches, fast alle Gesichtsknochen, der obere Teil der Hinterhauptsschuppe und die innere Lamelle des Proc. pterygoideus des Keilbeins.

B. Die Knorpel.

Die Knorpel sind mit Ausnahme der Gelenkoberfläche und der Stellen, wo sie mit den Knochen zusammentreffen, vom Perichondrium bedeckt. In den fertig entwickelten Knorpeln finden wir niemals Gefässe. Die letzteren verlaufen ebenso, wie die Nerven ausschliesslich im Perichondrium.

2. Die Muskeln.

Grössere Komplexe von Muskelfasern schliessen sich zusammen, sie sondern sich von ihren Nachbarn mehr oder weniger scharf ab und bilden einen Muskel, ein Ganzes, ein Organ, dem eine bestimmte Funktion, nämlich die Bewegung bestimmter Teile zufällt. Meistens sind die letzteren einzelne Skelettstücke, sie können jedoch auch durch Knorpel oder zum Teil durch Weichteile repräsentiert werden. Es stellen so die Muskeln das aktive Element des Bewegungssystems, die Knochen das passive dar.

Jeder Muskel ist äusserlich von einer dicken bindegewebigen Hülle umgeben, dem Perimysium externum. Es schickt in die Muskelsubstanz hinein Bindegewebsblätter, die sich miteinander verbinden und den Muskel in eine grössere Anzahl zunächst gröberer, dann feinerer Bündel zerlegen. Dieses Bindegewebe, das also in direkter Verbindung mit dem Perimysium externum steht, bezeichnen wir als Perimysium internum. Dabei werden zunächst von gröberen Septen dickere Bündel gegen einander abgegrenzt, innerhalb der letzteren kommt es durch dünnere Septen zur Scheidung in feinere Bündel und innerhalb dieser werden schliesslich durch feinste Bindegewebsblätter Bündelchen gesondert, die wir als primäre Muskelbündel bezeichnen (Fig. 228).

Jedes primäre Muskelbündel besteht aus einer gewissen Anzahl von Muskelfasern, welche durch zarte Bindegewebszüge voneinander getrennt werden. An der Peripherie des Bündels ver-

einigen sich diese Züge zu einem stärkeren bindegewebigen Septum, welches das Bündel umhüllt und es gleichzeitig von seinem Nachbarn trennt. Ebenso wie sich die Muskelfasern zu primären Bündeln zusammenschliessen, vereinigen sich die primären Bündel zu sekundären, diese wieder zu tertiären, durch deren Zusammenschluss endlich der Muskel entsteht.

Das Perimysium internum ist ein lockeres Bindegewebe, in welchem die Gefässe und Nerven verlaufen. Es enthält neben

Peri- ysium ternum der rimären Bündel

Querdurchschnittene Muskelfasern

Perimysium der einzelnen Muskelfasern

Blutgefäss im Perimysium internum, von welchem ein sekundäres Bündel umhüllt wird

Fig. 228.

Aus einem Querschnitte des Musc. sterno-cleido-mastoideus des Menschen.

Es ist ein ganzes sekundäres Bündel, vom Perimysium internum umhüllt, zu sehen. Ca. 45mal vergrössert.

den kollagenen auch elastische Fasern, deren Zahl aber nach den Primärbündeln zu allmählich abnimmt. Ähnlich verhält es sich mit dem Fettgehalt, in den gröberen Septen finden sich zahlreichere Fettzellen als in den feineren.

Mit Blutgefässen ist der Muskel ausserordentlich reich versorgt, sie verlaufen unter reichlicher Verzweigung innerhalb des Perimysium internum. Die Hauptgefässe verlaufen bei vielen Muskeln quer zur Faserrichtung, besonders bei den langen Muskeln. Die aus ihnen entstehenden gröberen Äste biegen aber dann sämtlich in die Längsrichtung um (Wollenberg). Zwischen den pri-

mären Bündeln angelangt, trennen sich die Arterien von den Venen und dringen senkrecht zur Faserrichtung in die Bündel. In ihnen zerfallen sie in die sog. präkapillaren Äste, die nun wieder im rechten Winkel in die Faserrichtung abbiegen und in die Kapillaren zerfallen, welche langmaschige Netze zwischen den Fasern und um die Fasern herum bilden (Fig. 229). Querschnitte belehren uns, dass jeder Faser mehrere Kapillaren anliegen, dass dieselben dicht am Sarkolemm liegen und vielfach mit ihren Nachbarn anastomosieren (Fig. 230). Die aus den Kapillaren entstehenden Venen besitzen schon in ihren feinsten Zweigen Klappen.

Lymphgefässe lassen sich in den Muskeln nur recht spärlich nachweisen, sie folgen dem Verlauf der Blutgefässe.

Die Nerven zeigen ebenfalls den gleichen Verlauf. Der Muskel enthält motorische, sensible und vasomotorische Fasern. Über ihre Endigung vergleiche man das Kapitel „Periphere Nervenendigungen".

Die Verbindung der Muskeln mit ihren Ansatzpunkten wird vermittelt durch die Sehnen. Sie bestehen, wie wir früher ausgeführt haben, aus kollagenen Fibrillen, welche mittelst einer interfibrillären Kittsubstanz zu primären Bündeln vereinigt werden. Die letzteren werden durch die interfaszikuläre Kittsubstanz zu sekundären Bündeln zusammengeschlossen (Fig. 231). Die charakteristisch gestalteten und gelagerten Bindegewebszellen liegen zwischen den primären Bündeln. Jedes sekundäre Bündel wird von lockerem Bindegewebe umhüllt und mit anderen seinesgleichen zu tertiären Bündeln vereinigt. Aus zahlreichen solchen durch Bindegewebssepten getrennten tertiären Bündeln setzt sich die ganze Sehne zusammen. Sie wird von einem starken, straffen Bindegewebe, dem Peritenonium, überzogen, von dem die die tertiären Bündel trennenden Bindegewebssepten abgehen.

Fig. 231.

Stück eines Querschnittes einer Sehne (des M. popliteus) des Menschen.

Ca. 210mal vergrössert.

Die Verbindung von Muskel und Sehne ist eine ausserordentlich feste, eine Trennung beider lässt sich nur durch chemische, niemals durch mechanische Mittel erreichen. Diese feste Verbindung wird wahrscheinlich dadurch erreicht, dass die bindegewebigen Elemente der Sehne, die Sehnenfasern, sich direkt in die Fasern des Perimysium internum fortsetzen (Fig. 232). Ein direkter Übergang von den Muskelfibrillen in die Sehnenfibrillen, wie er von manchen Autoren angenommen wird, ist dagegen höchst unwahrscheinlich.

Muskelkern
Perimysium
Sehnenzelle
Muskel
Sehne

Fig. 232.

Aus einem Längsschnitte durch den Musc. gastrocnemius des Frosches.

Es ist die Übergangsstelle des Muskels in die Sehne zu sehen. Ca. 200 mal vergrössert.

In den Fällen, wo der Muskel sich direkt am Periost oder an eine Faszie anheftet, stellt das Perimysium die Verbindung her, indem es kontinuierlich in das Bindegewebe dieser Teile übergeht.

Die Blutgefässe der Sehnen bilden im Peritenonium ein reiches Gefässnetz, von dem der Hauptsache nach die Ernährung der Sehne erfolgt. Im Inneren der Sehne finden sich und zwar nur innerhalb der Bindegewebssepten höchst spärliche Blutgefässe. Ganz ähnlich verhalten sich die Lymphgefässe.

Mit sensiblen Nerven sind die Sehnen recht reichlich versehen. Sie enden hier in besonderen mit bindegewebiger Hülle versehenen Körperchen, den Golgi'schen Sehnenspindeln oder in Vater-Pacini'schen Körperchen.

Die Sehnenscheiden stellen blind geschlossene, durch die Sehnen eingestülpte Hohlzylinder dar, deren Wand einen ganz

ähnlichen Bau, wie der der Gelenkkapseln aufweist. Man kann an ihnen eine äussere Vagina fibrosa und eine innere Vagina mucosa unterscheiden. Letztere wird bei der Einstülpung von der Sehne mit eingestülpt, so dass man von ihr wieder ein parietales, die Sehnenscheide auskleidendes und ein viszerales, die Sehne überziehendes Blatt unterscheiden kann. Die Höhle der Sehnenscheide wird ausgefüllt von einer der Gelenksynovia ähnlichen Masse.

Unter Faszien verstehen wir Häute oder Blätter aus straffem Bindegewebe, welche einzelne Muskeln oder ganze Gruppen von solchen abgrenzen. Die kollagenen Fasern liegen in ihnen sehr dicht, vermischt mit zahlreichen elastischen, in mehreren Schichten übereinander, so dass die Faserrichtungen in den einzelnen Schichten sich kreuzen.

VII. Das Nervensystem.

Das Nervensystem entwickelt sich aus dem äusseren Keimblatt, dem Ektoderm der Embryonalanlage und zwar aus einem in der Medianlinie dieses Blattes verlaufenden Zellstreifen. Hier verdickt sich das Ektoderm durch Längenwachstum seiner Zellen und bildet einen medianen Längswulst, die Nervenplatte. Dadurch dass sich die Seitenränder dieser Platte aufwulsten, entsteht eine Rinne und durch Schluss derselben ein epitheliales Rohr, das primitive Nervenrohr. Sein kranialer Abschnitt wandelt sich durch komplizierte Abschnürungs- und Faltungsprozesse zu einem voluminösen Organ, dem Gehirn um, während die mittleren und kaudalen Partien des Nervenrohres durch starkes Wachstum ihrer Wand einen dicken zylindrischen Strang mit minimaler zentraler Höhlung, das Rückenmark bilden, das als direkte Fortsetzung des Gehirnes die Medianlinie des Rumpfes in seiner dorsalen Partie durchsetzt. Beide zusammen, Gehirn und Rückenmark, bilden das zentrale Nervensystem. Das periphere Nervensystem entsteht einmal dadurch, dass zellige Elemente aus dem Zentralorgan auswandern, ohne jedoch ihre Verbindung mit ihm einzubüssen und zweitens dadurch, dass die Neuriten gewisser Nervenzellen aus dem Zentralorgan austreten müssen, um zu ihren peripheren Endstätten zu gelangen.

Den wesentlichen Bestandteil des gesamten Nervensystems bildet das Nervengewebe, dessen Bau im allgemeinen Teil unseres Lehrbuches eingehend erörtert worden ist. Dazu kommt

noch in dem Zentralorgan ein besonderes Stützgewebe, Neuroglia genannt, ferner bindegewebige Hüllen und die ernährenden Blutgefässe.

Wir hatten früher gesehen, dass das Nervengewebe aus Zellen mit verschiedenartig gestalteten Fortsätzen, den Nervenzellen, besteht. Als Fortsätze lernten wir Dendriten und Neurit kennen. Jede Nervenzelle mit ihren zugehörigen Dendriten und dem von ihr ausgehenden Neurit bezeichneten wir als ein Neuron. Jedes Neuron entwickelt sich aus einer einzigen Zelle und ist einer solchen gleichwertig. Es ist aber nicht nur eine genetische Einheit, sondern es bewahrt auch seine Selbständigkeit während des ganzen Lebens so weit, dass wir es auch als eine morphologische Einheit bezeichnen dürfen. Das gesamte Nervensystem, zentrales und peripheres, baut sich nun aus zahllosen, hinter- und nebeneinander geschalteten Neuronen auf, die sämtlich selbständige Individuen sind, d. h. die Neurofibrillen, die, wie wir sahen, ja das wesentliche, wenn auch vielleicht nicht einzig leitende Element im Neuron bilden, überschreiten niemals die Grenze eines Neurons. Die Berührung, in welche Fibrillen benachbarter Neuronen treten, kann eine ausserordentlich innige werden, zu einer wirklichen Verbindung, zu einer Kontinuität der Neurofibrillen verschiedener Neuronen kommt es aber nicht.

Es soll nun nicht verschwiegen werden, dass die Neuronenlehre, auf deren Standpunkt wir uns in unserem Lehrbuch stellen, zahlreiche Gegner besitzt, die sie mit vielen, schwer wiegenden Gründen bekämpfen. Die Neuronenlehre ist begründet worden durch Bidder und Kupffer, His und Golgi und sie wurde weiter ausgebaut durch Koelliker, Waldeyer, Ramón y Cajal, Retzius, v. Lenhossék und viele andere. Ihrem Fundamentalsatz, dass jede Nervenfaser durch Auswachsen des Neuriten einer einzigen Zelle entsteht, ist in entschiedener Weise von Balfour, Dohrn, den Gebrüdern Hertwig, van Wijhe, O. Schultze und anderen entgegengetreten worden, welche für den peripheren Nerven einen vielzelligen Ursprung annehmen. Andererseits wurde auch der Satz von der morphologischen Einheit des Neurons, gestützt auf die Befunde am Nervensystem wirbelloser Tiere vor allem von Apáthy und Bethe bekämpft, die durchlaufende Fibrillen an vielen Stellen nachgewiesen haben wollen. Auch heute steht die ganze Streitfrage im Vordergrunde des biologischen Interesses, heftig wogt der Streit hin und her und es lässt sich noch keineswegs sagen, zu wessen Gunsten er sich

entscheiden wird. Sollte sich aber auch wirklich, woran wir, wie gesagt, sehr zweifeln, die gänzliche Unhaltbarkeit der Neuronenlehre ergeben, so muss ihr doch zugestanden werden, dass sie für die Erkenntnis des Nervensystems Grosses geleistet hat.

Wenn wir nach diesen Vorbemerkungen nun zunächst zur Besprechung des Baues des zentralen Nervensystems uns wenden, so sei vorausgeschickt, dass eine erschöpfende Darstellung dieser Materie im Rahmen des vorliegenden Lehrbuchs unmöglich ist, sie muss Spezialwerken überlassen bleiben. Wir wollen uns hier nur etwas eingehender mit dem Bau des Rückenmarkes beschäftigen und des ferneren in allgemeinen Zügen die Strukturverhältnisse der Kleinhirnrinde und Grosshirnrinde erörtern.

1. Zentrales Nervensystem.

A. Rückenmark.

Über die gröberen Bauverhältnisse des Rückenmarkes geben Querschnitte, welche nach der Weigert'schen Markscheidenmethode gefärbt sind, die besten Aufschlüsse. Durch diese Methode wird die Markscheide der Nervenfasern tief schwarzblau gefärbt, während alle übrigen Strukturelemente in einem hellen Gelbbraun erscheinen (Fig. 233—239). Schon mit blossem Auge erkennen wir an einem derartigen Rückenmarksschnitt zwei verschiedene Substanzen, eine blauschwarz gefärbte, welche die Peripherie der beiden Rückenmarkshälften einnimmt und eine hellbraune, die die zentralen Partien beider Rückenmarkshälften okkupiert. Die letztere erscheint am frischen Rückenmarksquerschnitt mattgrau, wir bezeichnen sie deshalb als graue Substanz, die erstere dagegen führt wegen ihres hellen, weissglänzenden Aussehens den Namen weisse Substanz. Beide graue Hälften sind durch eine schmale Brücke miteinander verbunden, Commissura grisea s. posterior, so dass die Gesamtmasse der grauen Substanz die Figur eines H annimmt. In manchen Gegenden des Rückenmarks sieht sie einem Schmetterling mit entfalteten Flügeln nicht unähnlich. Den Querbalken des H bildet die graue Kommissur (siehe auch Tafel XXXVII u. XXXVIII, Fig. 240—243). Jeder der beiden senkrechten Balken schwillt in seinem ventralen Abschnitt zu einem dicken kolbigen Gebilde an, das wir als das Vorderhorn bezeichnen. Im ganzen Rückenmark wird dieses Vorderhorn als eine verdickte Leiste in die weisse Substanz vorspringen, daher

der Name Vordersäule, Columna anterior. Es erreicht diese Vordersäule die Rückenmarksperipherie niemals, sondern ist durch feine Züge längsgeschnittener, also im ganzen Rückenmark querverlaufender Nervenfasern mit ihr verbunden, die vorderen Wurzelfasern.

Das hintere, dorsale Ende eines jeden Balkens des H läuft spitz gegen den Sulcus lateralis und biegt dabei in nach aussen offenem Winkel ab. Es ist das Hinterhorn, Hintersäule, Columna posterior.

Zwischen Vorder- und Hinterhorn endlich ragt in die weisse Substanz hinein eine dreieckige Markmasse und bildet das Seitenhorn, Seitensäule, Columna lateralis.

Zwischen den beiden Vorderhörnern werden die beiden Rückenmarkshälften getrennt durch die breite Fissura mediana anterior. Sie erreicht die graue Kommissur nicht, so dass hier die beiden weissen Rückenmarkshälften durch eine schmale Brücke weisser Substanz in Verbindung stehen, die vordere Kommissur, Commissura anterior. Dorsalwärts, hinten dagegen, werden die beiden weissen Rückenmarkshälften in der Mitte zwischen den beiden Hinterhörnern durch das von der hinteren Kommissur zum Sulcus medianus posterior verlaufende Septum posterius vollständig voneinander getrennt.

Innerhalb der hinteren Kommissur erscheint genau in der Mittellinie der Querschnitt des Zentralkanals, Canalis centralis.

An der hinteren, dorsalen Peripherie des Rückenmarkes treten die hinteren Wurzeln in geschlossenem Zuge in den Rückenmarksquerschnitt ein und sondern dadurch in jeder Hälfte einen Teil der weissen Substanz zwischen sich und dem Septum posterius vollkommen ab, wir bezeichnen ihn als den Hinterstrang, Fasciculus posterior. Ebenso, nur weniger präzise trennen die mehr diffus austretenden Vorderwurzelfasern jederseits zwischen sich und der Fissura mediana anterior einen Vorderstrang, Fasciculus anterior ab. Die ganze übrige Hauptmasse der weissen Substanz, welche zwischen austretenden Vorder- und eintretenden Hinterwurzeln liegt, bildet den Seitenstrang, Fasciculus lateralis.

Dorsalwärts von der Seitensäule beginnt die Hintersäule zunächst mit einer breiten Basis, die sich jedoch bald halsartig zur Cervix columnae posterioris verdünnt. Dabei weicht die Hintersäule mehr oder weniger in ihrer Richtung nach lateralwärts ab und bildet mit der Vordersäule einen nach aussen offenen Winkel. Jenseits der Cervix verdickt sich die Hintersäule wieder zu einem

kolbigen Ende, dem Caput columnae posterioris. Es wird peripheriewärts von einer halbmondförmigen Masse grauer Substanz umfasst, der Substantia gelatinosa Rolandi. Von der Rückenmarksperipherie ist die Spitze der Hintersäule durch eine Schicht markhaltiger Nervenfasern getrennt, die Markbrücke. Zwischen Markbrücke und Substantia gelatinosa Rolandi schiebt sich noch ein retikuliert erscheinendes Stratum zonale ein. Substantia gelatinosa Rolandi, Stratum zonale und Markbrücke werden medianwärts begrenzt von den eintretenden Hinterwurzelfasern.

Bevor wir nun auf den feineren Bau der beiden Substanzen eingehen, wollen wir kurz besprechen, welche Veränderungen seiner Form und Grösse der Rückenmarksquerschnitt in den verschiedenen Höhen des Markes erleidet. Da wäre zunächst zu bemerken, dass die Form des Rückenmarksquerschnittes in charakteristischer Weise in den verschiedenen Lebensaltern Änderungen erfährt. Im frühen Kindesalter erscheint der Querschnitt im allgemeinen oval, er rundet sich vom dritten Lebensjahr an dadurch immer mehr ab, dass die Hinterstränge dorsalwärts auswachsen. Im späteren Lebensalter weichen aber die Hintersäulen wieder mehr lateralwärts auseinander und es nimmt so die Länge der Hinterstränge wieder mehr ab und der Querschnitt wird wieder mehr oval (Stern).

Den grössten Querschnitt zeigt das Rückenmark in der Höhe des IV. Halsnerven, 0,843 qcm, im Dorsalmark schwankt der Querschnitt zwischen 0,547 und 0,408 qcm, erhebt sich dann in der Höhe des I. Lendennerven wieder auf 0,542 qcm, um nun ziemlich gleichmässig zum Conus terminalis abzunehmen. Ganz ähnliche Verhältnisse zeigt die weisse Substanz. Die graue Substanz erreicht ihre höchste Entwickelung, 0,190 qcm, in der Höhe des V. Lendennerven. Das Verhältnis der grauen zur weissen Substanz gestaltet sich für die erstere am günstigsten im Sakralmark, wo beide an Ausdehnung sich ungefähr gleichkommen, am ungünstigsten im mittleren Dorsalmark, wo die weisse Substanz die graue um das 12--13fache übertrifft (R. Krause und Aguerre).

Die Veränderungen, welche der Rückenmarksquerschnitt in den verschiedenen Höhen des Markes erleidet, bestehen einmal in einer Veränderung des Gesamtquerschnittes, zweitens in einer Veränderung der Form der grauen Substanz und ihrer einzelnen Teile und schliesslich, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, in einer Änderung des Verhältnisses zwischen grauer und weisser Substanz.

Über alle diese Punkte werden die in den Fig. 233—243 dargestellten Querschnittsbilder rascher und besser orientieren, als eine langatmige Beschreibung.

Die graue Substanz.

Die graue Substanz erhält ihr hauptsächlichstes Gepräge durch zahlreiche Nervenzellen, die in ihr teils zerstreut, teils in charakteristische Gruppen geordnet liegen. Ausserdem aber enthält sie zahllose markhaltige und marklose Fasern, Gliagewebe und Blutgefässe. Wir wollen bei unserer Beschreibung so vorgehen, dass wir zunächst die Nervenzellen getrennt in Vordersäule, Seitensäule und Hintersäule beschreiben und daran dann eine gemeinsame Besprechung der Fasern der grauen Substanz reihen. Über die Glia des Rückenmarkes soll in einem besonderen Abschnitt gehandelt werden. An die Beschreibung der Nervenfasern der grauen Substanz soll sich dann schliessen die Schilderung der Kommissuren und des Zentralkanals.

Die Vordersäule. Die ventralen Abschnitte der grauen Substanz zeichnen sich vor allen anderen Teilen durch ihren Reichtum an grossen, multipolaren Nervenzellen aus (Fig. 244). Sie finden sich zu mehreren, nicht immer ganz streng voneinander zu trennenden Gruppen vereinigt, von denen wir zwei ventrale und zwei dorsale Gruppen unterscheiden können (Fig. 240 u. 247). Die ventromediale oder vordere mediale Gruppe nimmt die innere Ecke des Vorderhornes, die ventrolaterale die äussere ventrale Ecke ein. Die dorsolaterale oder hintere laterale Gruppe okkupiert die gleichnamige Ecke des Vorderhornes und die dorsomediale oder hintere mediale Gruppe liegt zwischen der ventromedialen Gruppe und der vorderen Kommissur. Von diesen Gruppen sind die beiden lateralen fast überall mächtiger entwickelt als die medialen, von denen wieder die dorsomediale den geringsten Umfang zeigt.

Untersucht man die graue Substanz auf Längsschnitten des Rückenmarkes, so lassen diese Zellgruppen auch eine deutliche Segmentierung erkennen, so dass sie sich im ganzen Rückenmark zu zahlreichen übereinander gelegenen Gruppen anordnen.

Ausser diesen gruppenbildenden Zellen finden sich aber auch noch überall in der Vordersäule zerstreute Zellen, die sich keiner der erwähnten Gruppen unterordnen.

Die Nervenzellen, welche sich in der Vordersäule finden, lassen sich in bezug auf das Verhalten ihrer Neuriten in drei Gruppen

trennen. Bei den meisten Zellen verlässt der Neurit die graue Substanz und wird, indem er die weisse Substanz quer durchsetzt, zu einer vorderen Wurzelfaser, wir bezeichnen diese Zellen deshalb als Vorderwurzelzellen oder motorische Zellen. Die zweite Art von Zellen schickt ihren Neuriten in die vordere Kommissur,

Fig. 244.

Die vordere Hälfte des Vorderhornes vom Rückenmarke des Kalbes. Aus einem Schnitt durch die Halsanschwellung.

Ca. 80mal vergrössert.

sie heissen deshalb Kommissurenzellen und bei der dritten Zellart wendet sich der Neurit aus der grauen Substanz in den Seitenstrang, um in ihm weiter zu verlaufen, Strangzellen (Fig. 245).

Die Vorderwurzelzellen bilden das typische Beispiel einer multipolaren Nervenzelle, wie wir sie in dem allgemeinen Teil unseres Lehrbuches geschildert haben. Sie erreichen einen Durchmesser bis zu 150 μ, gehören also zu den grössten Zellen des menschlichen Körpers, die auch dem unbewaffneten Auge noch erkennbar sind. Ihre Zahl ist in den verschiedenen Abschnitten des

Rückenmarkes verschieden gross; immer da, wo eine Vorderwurzel austritt, zeigt sich eine erhebliche Zunahme der Zahl, zwischen zwei Wurzeln eine deutliche Abnahme.

Ihre Form ist im allgemeinen die eines Sternes, doch finden sich auch mehr oder weniger langgestreckte Zellen. Ihre Dendriten, bis zu zehn an Zahl, verzweigen sich nicht allein in der grauen Substanz der Vorder- und Seitensäule, sondern sie dringen auch darüber hinaus in die weisse Substanz ein. Bei Embryonen ist dieses Verhalten viel allgemeiner zu beobachten als beim Erwachsenen, bei niederen Wirbeltieren gelangen die Dendriten sogar bis an die Rückenmarksperipherie.

Der Neurit der Vorderwurzelzelle entspringt entweder vom Zellkörper selbst oder von einem Dendriten. Beim Abgang von der Zelle ist er ausserordentlich dünn, bildet meist eine charakteristische Schleife und dann einen engeren oder weiteren Bogen, um zur Austrittsstelle der vorderen Wurzeln zu gelangen (Fig. 245). Es ist ein grosses Verdienst von Golgi, gezeigt zu haben, dass der Neurit kurz vor seinem Eintritt in die weisse Substanz feine Ästchen abgibt, die sog. motorischen Kollateralen, die sich innerhalb der grauen Substanz vielfach verästeln. Sie sind beim Menschen weniger zahlreich als z. B. beim Kaninchen, aber doch immer ganz konstant vorhanden. Sie sollen nach Kölliker zellulifugal leiten und so einzelne motorische Zellen miteinander verbinden, nach Lenhossék dagegen leiten sie zellulipetal und sind den Dendriten gleichwertige Bildungen.

Über den feineren Bau der Vorderhornzellen können wir ganz auf das im allgemeinen Teil Gesagte verweisen, es wäre dem hier nichts mehr hinzuzufügen.

Unter den Zellen des Vorderhornes sind von Cajal, Lenhossék, Retzius u. a. auch Zellen nachgewiesen worden, die ihren Neuriten nicht in die Vorderwurzel, sondern durch das Hinterhorn hindurch in die hintere Wurzel schicken. Ob es sich hier, wie Kölliker, Steinach u. a. annehmen, um motorische Zellen des sympathischen Nervensystems handelt, ist zurzeit noch eine offene Frage.

Die Kommissurenzellen (Fig. 245) finden sich hauptsächlich in den medialen Partien des Vorderhornes und dringen bis gegen den Zentralkanal in die vordere Kommissur ein. Sie werden dadurch charakterisiert, dass ihr Neurit durch die vordere Kommissur hindurchtritt und in den Vorderstrang der weissen Substanz der Gegenseite gelangt, in der er sich T-förmig teilt. Die

beiden Teiläste nehmen im Vorderhorn einen auf- resp. absteigenden Verlauf.

Wenn die Kommissurenzellen sich im allgemeinen auch in Form und Grösse von den Vorderwurzelzellen nur wenig unterscheiden, so kann man doch sagen, dass sich unter ihnen relativ häufig längliche, spindelförmige Zellen finden, deren Dendriten von den beiden Polen der Zelle ausstrahlen.

Der Neurit entspringt meist von einem stärkeren Dendriten und zieht sich bogenförmig zur vorderen Kommissur. Auf diesem Weg umgibt er sich mit Mark und wird zu einer markhaltigen Nervenfaser. Indem sich nun die beiderseitigen Fasern in der vorderen Kommissur am Boden der Fissura mediana anterior kreuzen, entsteht das charakteristische Bild jener Kommissur. Kollateralen finden sich an diesen Neuriten auch, aber weit seltener als an den Vorderwurzelneuriten.

Während der grösste Teil der Kommissurenzellen das beschriebene Verhalten zeigt, finden wir bei manchen Zellen insofern eine Abweichung, als ihr Neurit, wie Cajal beschrieb, bevor er in die Kommissur eintritt, sich gabelt, der eine Ast geht in den Vorderstrang derselben Seite, der andere in den der Gegenseite. Man bezeichnet sie als bilaterale Kommissurenzellen.

Unter den Kommissurenzellen finden sich auch Zellen vom II. Golgi'schen Typus (vergl. Allgemeiner Teil, S. 109). Ihr Neurit tritt durch die vordere Kommissur in die anderseitige graue Hälfte ein und zerfällt hier in zahlreiche Endästchen (Fig. 245).

Die Strangzellen (Fig. 245) finden sich hauptsächlich in den zentralen Partien des Vorderhorns, zu ihnen gehören die früher erwähnten zerstreuten, sich an keine Gruppe bindenden Zellen. Sie sind auch nicht dem Vorderhorn eigentümlich, sondern finden sich auch in dem Seitenhorn und dem Hinterhorn. Ebensowenig charakteristisch wie ihr Vorkommen ist auch ihre Form, bald sternförmig, bald mehr gestreckt. Sie werden nicht über mittelgross und entwickeln nur wenige, aber dafür sehr lange und dicke Dendriten, deren Verbreitungsbezirk von der Zelle meist recht entfernt liegt.

Der Neurit der Strangzelle tritt immer in die weisse Substanz derselben Seite ein und wird hier zu einer auf- oder absteigenden Nervenfaser. Er unterscheidet sich von den Neuriten aller anderen Zellen dadurch, dass er sich häufig noch innerhalb der grauen Substanz in zwei oder mehr Äste spaltet, die man auch als Schiz-

axonen bezeichnet hat. Diese Teiläste können dann in sehr verschiedene Partien der weissen Substanz eintreten.

In der weissen Substanz angekommen, biegt der Neurit, der sich schon innerhalb der grauen Substanz mit einem Markmantel umgeben hat, entweder im rechten Winkel zerebralwärts um oder er teilt sich T-förmig und schickt den einen Ast zerebral, den anderen kaudal.

Die weitaus meisten Strangzellen schicken ihre Neuriten in den Seitenstrang, nur ein kleiner Teil sendet ihn in den Vorderstrang, wo er dann in den mediansten Partien dicht an der Fissura mediana anterior verläuft. Man bezeichnet diese Zellen deshalb auch als Fissurenzellen.

In seltenen Fällen können auch die Strangzellen direkt in die weisse Substanz des Seitenstranges verlagert erscheinen.

Die Seitensäule. Zwischen Vorder- und Hintersäule bildet der Kontur der grauen Substanz einen einspringenden Winkel, den man als Seitenstrangswinkel bezeichnet. In ihm erscheint die weisse Substanz mit grauen Strängen netzmaschenförmig durchsetzt und wird als Formatio reticularis bezeichnet. Dieselbe springt in spitzem Winkel in den Seitenstrang vor. Im Brustmark wird durch Verdichtung aus diesem Maschengewebe eine Seitensäule.

Die Zellen der Seitensäule gehören sämtlich dem Strangzellentypus an, sie schicken ihren Neuriten in den Seitenstrang. Es sind kleine oder mittelgrosse Nervenzellen von exquisiter Spindelform, mit polar angeordneten Dendriten.

Die Hintersäule. Die Zellen der Hintersäule lassen eine Gliederung in distinkte Gruppen überhaupt nicht erkennen, sie sind ungleichmässig und unregelmässig durch ihre Substanz zerstreut. Nur an einer Stelle heben sich durch ihre Gruppierung Zellen besonders hervor, nämlich eine Gruppe, welche in der medialen Partie der Basis an ihrem Übergang in die Cervix gelegen, also nach hinten und aussen vom Zentralkanal zu suchen ist. Diese Zellen bilden eine wohl abgegrenzte Gruppe von rundem oder ovalem Querschnitt und treten zuerst im unteren Halsmark auf, um sich von da an durch das ganze Brust- und Lendenmark zu erstrecken. Wir bezeichnen sie als Nucleus dorsalis oder Clarke'sche Säule (Fig. 245 u. 247). Ihre Zellen sind multipolar, die Dendriten kurz. Ihr Neurit wendet sich zunächst ventralwärts. um dann rechtwinkelig umbiegend die graue Substanz zu durch-

setzen und in den Seitenstrang einzutreten. Dadurch, dass sich mehrere Neuriten aneinander lagern, entstehen dünnere oder gröbere, die graue Substanz quer durchsetzende markhaltige Nervenfaserbündel, die man auch als Flechsig'sche Bündel bezeichnet. Ihre grösste Ausdehnung, sowohl in bezug auf die Grösse, als auch auf die Zahl der Zellen erreicht die Clarke'sche Säule im mittleren Lendenmark.

Die übrigen Nervenzellen im Caput und der Cervix columnae posterioris sind kleine, höchstens mittelgrosse, multipolare Nervenzellen und zwar zum grössten Teil Strangzellen. Sie schicken ihren Neuriten entweder in den Seitenstrang oder in den Hinterstrang. Nicht allzu selten findet man unter ihnen Zellen vom II. Golgi'schen Typus. Es sind das die sog. Binnenzellen, deren stark verästelter Nervenfortsatz aus der grauen Substanz nicht austritt, sondern innerhalb derselben mit Endbäumchen frei endigt (Fig. 245).

Die Substantia gelatinosa Rolandi ist am stärksten entwickelt im Lendenmark, schwächer im Halsmark und am schwächsten im Dorsalmark. Immer bildet sie eine ventralwärts offene Sichel, welche das Caput columnae posterioris umfasst. Früher nahm man an, dass sie ausschliesslich aus Neuroglia bestehe, heute wissen wir dank den Untersuchungen Weigerts, dass sie der gliaärmste Teil des Rückenmarkes ist und vorher hatten schon Stilling, Gierke, Schwalbe, H. Virchow und Cajal Nervenzellen in ihr nachgewiesen.

Nach Cajal enthält die Rolando'sche Substanz drei Arten von Nervenzellen. Zunächst der Cervix liegt eine Schicht sternförmiger Zellen, dann folgt die Zone der pyramidenförmigen Zellen und schliesslich finden sich an der Peripherie der Substanz, an der Grenze gegen das Stratum zonale eigenartige Zellen, die Grenzzellen. Die sternförmigen Zellen sind klein, multipolar. Ihr Neurit lässt sich entweder in das Stratum zonale oder den Hinterstrang verfolgen oder aber er splittert sich nach Art des II. Golgi'schen Typus auf. Die Pyramidenzellen sind von gestreckter Form. Die vom vorderen Zellende entspringenden Dendriten dringen bis ins Caput columnae posterioris ein, der Neurit wendet sich zum Hinterstrang. Beim Embryo sind die Zellen ausserordentlich zahlreich, erfahren jedoch im Lauf der Entwickelung eine starke Reduktion. Die Grenzzellen sind grosse, lang gestreckte, spindelige Zellen, die oft in geschlossener Reihe die Rolando'sche Substanz gegen das Stratum zonale abgrenzen. Ihr Neurit durchsetzt ventralwärts

die Rolando'sche Substanz, biegt dann lateralwärts um und tritt in den Seitenstrang ein.

Innerhalb des Substantia Rolandi findet man nun die Nervenzellen eingebettet in eine mehr oder weniger homogene Grundmasse, die eine ausserordentliche Resistenz gegen unsere Färbemittel zeigt. Nach Lenhossék soll sie das Produkt einer regressiven Metamorphose derjenigen Zellen sein, die sich im embryonalen Mark hier in grosser Zahl finden.

Die Nervenfasern der grauen Substanz. Wenn wir ein nach der Weigert'schen Markscheidenmethode gefärbtes Präparat durchmustern, so finden wir in der grauen Substanz zahlreiche markhaltige Nervenfasern, die oft ein sehr dichtes Gewirr bilden (Fig. 247). Wir wollen nun im folgenden versuchen, eine kurze Analyse derselben zu geben.

Ein grosser Teil dieser Fasern ist uns schon bekannt aus der Schilderung der Zellen. Die weitaus meisten der letzteren entsenden ja einen Neuriten, der sich noch innerhalb der grauen Substanz mit Mark umgibt und damit eine markhaltige Faser darstellt, die die graue Substanz durchsetzt, um in die weisse einzutreten. Ausser diesen austretenden Fasern besitzt aber die graue Substanz auch noch einstrahlende Fasern.

Es ist das unvergängliche Verdienst von Camillo Golgi die Tatsache aufgedeckt zu haben, dass die in der weissen Substanz des Rückenmarkes verlaufenden markhaltigen Fasern in kurzen Intervallen markhaltige Seitenäste unter rechtem Winkel in die graue Substanz hineinsenden, die sog. Kollateralen. Wesentlich erweitert und vertieft worden sind diese Befunde durch Cajal und Kölliker. Je nach dem Abzweigungsort der Kollateralen unterscheiden wir Kollateralen des Vorderstranges, des Seitenstranges und des Hinterstranges (Fig. 245 u. 246).

Die Kollateralen des Vorderstranges treten in die Vordersäule ein, verlieren in ihr bald ihr Mark und enden in Endbäumchen an den Vorderwurzelzellen und den Kommissurenzellen. Sie sind beim Menschen im allgemeinen spärlich entwickelt. Ungleich viel zahlreicher sind die Kollateralen, welche die Seitenstrangfasern zur grauen Substanz entsenden und auf sie ist ein grosser Teil jenes dichten Flechtwerkes markhaltiger Fasern in der grauen Substanz zurückzuführen. Die Seitenstrangskollateralen versorgen fast alle Gebiete der grauen Substanz und enden an den Zellen der Vordersäule, der Seitensäule und auch der Hintersäule. Noch weit bedeutungsvoller als sie sind aber die Kollateralen des Hinterstrangs,

sie schliessen sich bei ihrem Durchtritt durch das Hinterhorn zu einzelnen markhaltigen Bündeln zusammen, die dann jenes charakteristische, streifige Aussehen der Rolando'schen Substanz (Fig. 247) und des Caput und der Cervix columnae posterioris in Weigertpräparaten bedingen. Sie endigen teils im Caput columnae posterioris an den hier gelegenen kleinen Zellen; ein zweiter Teil tritt als geschlossenes Bündel in die Clarke'sche Säule ein, eine jede Faser bildet, nachdem sie marklos geworden, um jede Clarke'sche Zelle einen dichten Endkorb. Die auffallendsten und wichtigsten Hinterstrangskollateralen aber fasst man unter dem Namen des Kölliker'schen Reflexbündels zusammen. Sie durchsetzen in dichtem Zuge die mediane Partie des Caput columnae posterioris und der Substantia Rolandi, lockern sich in der Cervix columnae posterioris allmählich auf und strahlen fächerförmig in die Seiten- und Vordersäule ein, um hier mit feinen Endarborisationen die grossen Vorderwurzelzellen zu umgeben. Dabei zerfällt jede Faser, nachdem sie ihr Mark verloren, in mehrere Zweige, die sich mit feinen Knöpfchen an die Zellkörper oder ihre Dendriten anlagern.

Der Zentralkanal. Der Zentralkanal liegt in der Medianlinie des Rückenmarks auf der Grenze zwischen der hinteren Kommissur und der vorderen Kommissur. Seine Weite schwankt zwischen 0,045 und 0,1 mm, am engsten ist er im Dorsalmark und am Ende des Conus terminalis erweitert er sich zunächst zu einem Tförmigen Spalt, dann zu einem gefalteten Sack, dem Ventriculus terminalis, der in den blind endigenden Zentralkanal des Filum terminale übergeht. Der Ventriculus terminalis bildet sich nach Argutinsky erst sekundär in der zweiten Hälfte des Embryonallebens durch Wucherung der Wand des Zentralkanals. Im Halsmark ist das Lumen des Kanals ein zunächst sagittal, später ein frontal gestellter Spalt, im Brustmark ist sein Lumen meist rund, um im Lendenmark wieder zu einem sagittalen Spalt zu werden (Fig. 233—239).

Der Zentralkanal ist ausgekleidet durch ein flimmerndes Zylinderepithel. Jede Zelle hat einen grossen Kern und deutliche Basalkörperchen und setzt sich peripher in einen mehr oder weniger weit in die Rückenmarkssubstanz vordringenden Fortsatz fort. Wir bezeichnen die Zellen als Ependymzellen, ihren Fortsatz als Ependymfaser (Fig. 248).

Der Zentralkanal wird umgeben von einer an gliösen Elementen ausserordentlich reichen Masse, der Substantia gelatinosa

centralis. Ihr Bau, sowie die genauere Beschreibung der Ependymzellen wird bei der Besprechung der Neuroglia eingehend behandelt werden.

Fig. 248.

Querschnitt durch das Rückenmark eines achttägigen Hühnerembryos.

Links Nervenzellen, rechts Neurogliazellen. a und b = motorische Zellen, c = Seitenstrangzelle. d und e = plurifunikulare Zellen. Ca. 80 mal vergrössert.

Die hintere Kommissur. Die hintere Kommissur oder graue Kommissur erstreckt sich vom hinteren, dorsalen Umfang der Substantia gelatinosa centralis zum Septum posterius und verbindet beide graue Rückenmarkshälften. Sie wird senkrecht durchsetzt von zahlreichen Ependymfasern, welche in das Septum posterius eintreten; der Länge nach durchlaufen sie markhaltige Nervenfasern, die von einer grauen Rückenmarkshälfte zur anderen streben (Fig. 247).

Sie enthält in überwiegendem Masse Kollateralen des Seitenstranges und Hinterstranges, welche zu den Zellen der Vorder- und Hintersäule der Gegenseite sich wenden, ausserdem aber auch Fasern, welche als Neuriten von Hinterhornzellen entspringen und zur entgegengesetzten Hintersäule sich wenden. Die Fasern verlaufen meist in parallelen Bündeln, doch kommt es auch zu teilweiser Durchkreuzung.

Die vordere Kommissur. Die vordere Kommissur gehört in ihrer Hauptmasse zur weissen Substanz und nur ein kleiner schmaler, dorsaler Abschnitt, der dorsalwärts an die Substantia gelatinosa centralis stösst, muss noch zur grauen Substanz gerechnet werden.

Charakteristisch für die vordere Kommissur sind die, sich unter mehr oder minder stumpfem Winkel kreuzenden, relativ dicken markhaltigen Nervenfasern (Fig. 247). Es sind das im wesentlichen die Neuriten der Kommissurenzellen, die, wie wir sahen, unter Umständen selbst in die Kommissur verlagert werden können. Auch die Dendriten dieser Zellen treten vielfach durch die Kommissur in die andere Rückenmarkshälfte hinüber. Wie die hintere Kommissur, so wird auch die vordere, wie später auseinandergesetzt werden soll, von Ependymfasern reichlich durchsetzt.

Die weisse Substanz.

Die weisse Substanz besteht aus längsverlaufenden Nervenfasern, welche einen dreifachen Ursprung haben. Entweder sind die Fasern die Neuriten von Nervenzellen, welche in der grauen Substanz des Rückenmarks liegen oder sie sind Neuriten der Spinalganglienzellen und treten als hintere Wurzeln in die Hinterstränge ein oder schliesslich kann es sich auch um Neuriten handeln, die von Zellen des Gehirns ausgehen und in das Rückenmark herabsteigen. Ausser diesen längsverlaufenden Fasern enthält die weisse Substanz aber auch querverlaufende Fasern, die uns ja schon bekannten Kollateralen und rechtwinklig umbiegenden Faserenden, die in die graue Substanz einstrahlen.

Die Fasern besitzen sämtlich eine Markscheide und sind von sehr verschiedenem Kaliber, die dicksten Fasern finden sich im dorsalen Teil der Seitenstränge, dann folgen die Fasern der Vorderstränge und die dünnsten Fasern finden sich in den Hintersträngen (Fig. 249).

Die einzelnen Fasern werden mehr oder weniger durch Neuroglia voneinander getrennt und durch gliöse Septen zu gröberen und feineren Bündeln vereinigt. Nach aussen wird die weisse Substanz abgeschlossen durch die sog. Gliahülle, welche aus dicht aneinander gelagerten Gliafasern und -zellen besteht.

Wie wir schon früher sahen, unterscheiden wir in der weissen Substanz einer jeden Rückenmarkshälfte einen Vorderstrang, einen Seitenstrang und einen Hinterstrang. Die Abgrenzung des Vorderstrangs gegen den Seitenstrang wird gegeben durch die Vorder-

wurzeln; da diese aber in einzelnen Bündeln durch die weisse Substanz durchtreten, so ist diese Begrenzung naturgemäss keine sehr scharfe. Viel schärfer ist dagegen die hintere Begrenzung des Seitenstranges durch die Hintersäule und die hinteren Wurzeln, denn die letzteren dringen fast immer in kompakten Massen ein.

In jedem einzelnen Strang unterscheidet man nun noch eine Anzahl von Unterabteilungen, welche für die Leitungsverhältnisse im Rückenmark von grösster Bedeutung sind und von uns deshalb kurz besprochen werden sollen. Diese einzelnen Abteilungen lassen

Querschnitte markhaltiger Nervenfasern

Längsschnitte markhaltiger Nervenfasern

Kern einer Gliazelle

J. Baracz.

Fig. 249.

Querschnitt durch die weisse Substanz vom Rückenmarke des Ochsen.

Ca. 260mal vergrössert.

sich im Rückenmark des Erwachsenen nicht mehr ohne weiteres mit dem Mikroskop erkennen und trennen, dagegen ist dies im embryonalen Mark möglich, dank des Umstandes, dass die Fasern der einzelnen Abteilungen sich zu verschiedenen Zeiten mit Mark umgeben.

Im Hinterstrang unterscheiden wir zwei Unterabteilungen, den Goll'schen Strang, Fasciculus gracilis und den Burdach-schen Strang, Fasciculus cuneatus. Der erstere grenzt median an das Septum posterius und ist von keilförmiger Gestalt. Die Basis bildet die dorsale Rückenmarkzirkumferenz vom Sulcus medianus posterior zum Sulcus intermedius posterior, die Spitze des Keils liegt im Septum posterius mehr oder weniger weit von

22*

der hinteren Kommissur. Der Burdach'sche Strang okkupiert den ganzen Rest des Hinterstrangs und wird von dem vorigen unvollständig durch ein Gliaseptum getrennt, das vom Sulcus intermedius posterior nach innen ventral mehr oder wenig weit in die weisse Substanz eindringt. Dieses Septum ist im Halsmark sehr deutlich entwickelt, verliert sich aber im Dorsalmark mehr und mehr. Der Goll'sche Strang enthält durchschnittlich feinere Fasern als der Burdach'sche Strang.

Die Fasern der Hinterstränge stammen vor allem von den hinteren Wurzeln. Durch diese letzteren treten nämlich die Nervenfortsätze der Spinalganglienzellen ins Rückenmark ein. Sobald sie in die Hinterstränge eintreten, teilt sich jeder derselben sogleich in eine auf- und absteigende Stammfaser (Fig. 246). Jede dieser Fasern gibt viele Seitenäste (Kollateralen) ab, welche in die graue Substanz eintreten und an irgend einer Stelle derselben mit äusserst feinen Verzweigungen endigen. Endverzweigungen der Hinterstrangfasern finden wir (Fig. 245) in der Substantia gelatinosa, in den Clarke-schen Säulen und in den Vorderhörnern in der Gegend der Gruppen der grossen motorischen Zellen (Reflexkollateralen der sensiblen Wurzeln). Nur sehr wenige von diesen Kollateralen gehen durch die hintere Kommissur auf die andere Seite über, woselbst sie in den Hinterhörnern endigen. Die absteigenden Fasern reichen niemals weit nach unten, während die aufsteigenden sich zuweilen bis zum verlängerten Mark verfolgen lassen. Sowohl die auf- als auch die absteigenden Fasern endigen in der grauen Substanz auf dieselbe Art wie die Kollateralen.

Die aus den Spinalganglien stammenden Fasern ziehen während ihres Verlaufes innerhalb der Hinterstränge nach aufwärts und zugleich medialwärts, indem die neu eintretenden Fasern der hinteren Wurzeln sich immer lateral von den tiefer eingetretenen Fasern lagern. Es werden daher auf dem Querschnitt des Halsmarkes die Fasern für die untere Extremität ganz medial am Septum posterius, im Goll'schen Strang angetroffen, während die Fasern für die obere Extremität ganz lateral im Burdach'schen Strang verlaufen.

Einen geringen Zuwachs an Fasern bedingen in den Hintersträngen die Ausläufer der in den Hintersäulen gelegenen kleinen Strangzellen. Diese Fasern biegen nach kurzem Verlaufe in den Burdach'schen Strängen in die graue Substanz ab (kurze Bahnen).

Im Seitenstrang können wir zunächst ein Randgebiet unterscheiden, das sich von der Eintrittsstelle der hinteren Wurzel bis

zu den Vorderwurzelbündeln erstreckt und in einen dorsalen und einen ventralen Abschnitt zerfällt. Der dorsale Teil der Randzone wird als Kleinhirnseitenstrangbahn, Fasciculus cerebellospinalis bezeichnet. Er enthält sehr grobe Fasern, welche die Neuriten der Clarke'schen Zellen darstellen und lässt sich zuerst im oberen Teil der Lendenanschwellung nachweisen. Im Dorsalmark wird der Strang nach und nach immer stärker, so dass sein Querschnitt im oberen Halsmark ungefähr 8 % des Gesamtquerschnitts der weissen Substanz ausmacht. Seine Fasern enden im Kleinhirn. Der vordere, ventrale Teil der Randzone führt den Namen des Gowers'schen Bündels oder Fasciculus anterolateralis superficialis. Er tritt als geschlossenes Bündel eigentlich erst im Halsmark auf und führt Fasern, die die Neuriten von Strangzellen des Hinterhorns darstellen; sie nehmen ebenfalls ihre Richtung in das Kleinhirn. Median von der Kleinhirnseitenstrangbahn wird fast der ganze Raum bis zur Hintersäule eingenommen von der Pyramidenseitenstrangbahn, Fasciculus cerebrospinalis lateralis. Sie enthält Fasern, die aus den Pyramiden des Gehirns ins Rückenmark herabsteigen und im obersten Teil des letzteren eine Kreuzung erfahren (Pyramidenkreuzung), so dass der rechte Teil in die linke Hälfte, der linke Teil in die rechte Hälfte eintritt. Die Pyramidenseitenstrangbahn nimmt von oben nach unten an Umfang immer mehr ab, da ihre Fasern allmählich in die graue Substanz abbiegen. Während sie in der Höhe der Halsanschwellung über 15 % des Gesamtquerschnitts der weissen Substanz bildet, sinkt sie im Lendenmark unter 5 %. Ihre Fasern finden ihr Ende in der Vordersäule derselben Seite und stellen die motorische Bahn II. Ordnung dar. Alles, was nun noch vom Seitenstrang übrig bleibt, wird als Seitenstrangsgrundbündel oder als Fasciculus lateralis proprius Flechsigi bezeichnet. Dasselbe erreicht im Halsmark die Rückenmarksperipherie nur im Gebiet der vorderen Wurzeln, dorsalwärts wird es von ihr durch das Gowers'sche Bündel und die Kleinhirnseitenstrangbahn getrennt. Es schiebt sich dorsalwärts über die Pyramidenseitenstrangbahn vor und drängt sie von der Hintersäule ab. So okkupiert es das grösste Areal des Seitenstranges. Im Lendenmark tritt es, mit allmählicher Abnahme des Gowers'schen Bündels und der Kleinhirnseitenstrangbahn in immer ausgedehnterer Weise an der lateralen Rückenmarksperipherie zutage. Die Fasern des Grundbündels stellen zum überwiegenden Teil die Neuriten von Strangzellen der Vorder- und Seitensäule dar, welche

sich in auf- und absteigende Fasern teilen und nur einen kurzen Verlauf haben. Sie haben die Aufgabe, benachbarte Abschnitte des Rückenmarks miteinander zu verbinden.

Im Vorderstrang können wir zunächst eine schmale Faserzone abgrenzen, welche der Fissura mediana anterior anliegt und als Pyramidenvorderstrangbahn, Fasciculus cerebrospinalis anterior bezeichnet wird. Ihre Fasern entstammen, wie ihr Name sagt, der Pyramide des Gehirns und stellen denjenigen Teil derselben dar, der im obersten Abschnitt des Rückenmarks keiner Kreuzung unterliegt. Die Pyramidenvorderstrangbahn zeigt ihre beste Entwickelung im Halsmark und verschwindet im oberen oder mittleren Teil des Dorsalmarkes. Die Fasern kreuzen sich in der vorderen Kommissur und endigen in der Vordersäule der Gegenseite, indem ihre Endverzweigungen die dort gelegenen Nervenzellen umspinnen. Sie stellen die motorische Bahn II. Ordnung dar. Der ganze übrige Teil des Vorderstranges wird als Vorderstrangsgrundbündel, Fasciculus anterior proprius zusammengefasst. Er geht ohne scharfe Grenze in dem Gebiet der austretenden Vorderwurzeln in das Seitenstrangsgrundbündel über und enthält, wie dieses, Neuriten von Strangzellen und zwar von Zellen der Vordersäule.

Aus dieser Beschreibung ergibt sich, dass wir in der weissen Substanz aufsteigende und absteigende Fasern unterscheiden können (Fig. 246). So führt z. B. die Kleinhirnseitenstrangbahn aufsteigende Fasern. Die zugehörigen Zellen sind ja die Clarke'schen Zellen, die Fasern steigen durch das Rückenmark hinauf ins Kleinhirn. Die Pyramidenbahnen führen absteigende Fasern, die Zellen liegen im Grosshirn, die Fasern steigen durch die Pyramiden herunter ins Rückenmark, in dessen grauer Substanz sie nach und nach ihr Ende erreichen. Die beiden Beispiele führen uns gleichzeitig lange Bahnen vor. Es gibt aber auch kurze Bahnen in der weissen Substanz, d. h. Bahnen, bei denen Anfang und Ende im Rückenmark selbst liegt. Solche kurze Bahnen haben wir vor allem in den Grundbündeln; die zugehörigen Zellen sind die Strangzellen, ihre Fasern zerfallen, wie wir früher sahen, in auf- und absteigende Teile, die nach kürzerem oder längerem Verlaufe wieder in der grauen Substanz des Rückenmarks enden. Solche kurze Bahnen haben wir auch in dem Burdach'schen Strang vor uns, während der Goll'sche Strang wieder lange Bahnen enthält, die erst in der Medulla oblongata enden. Ebenda enden auch die im Gowers'schen Bündel verlaufenden langen Bahnen.

Die Neuroglia des Rückenmarks.

In einer frühen Periode des Embryonallebens sind sämtliche, das Nervenrohr auskleidende Elemente gleichwertige Ektodermzellen. Bald jedoch beginnt die Differenzierung, die einen wandeln sich zu spezifischen Nervenzellen, die anderen zu Stützzellen um. Wir bezeichnen mit His die ersteren als Neuroblasten, die letzteren als Spongioblasten. Diese Spongioblasten zeigen zunächst ein sehr gleichartiges Aussehen. Es sind das lange, spindelige Zellen, welche in einfacher Schicht das Lumen des Zentralkanals umsäumen. Peripher gehen sie in einen langen verzweigten Fortsatz über, welcher die weisse Substanz ihrer ganzen Dicke nach durchsetzt (Fig. 248). Die Zellen vermehren sich fortwährend und Hand in Hand mit dieser Vermehrung findet eine Wanderung statt, so dass ein Teil der Zellen sich vom Lumen allmählich zurückzieht. Wir haben dann eine Lage, den Zentralkanal umsäumender Zellen, Ependymzellen und ausserdem überall in der grauen und weissen Substanz verästelte Zellen, die Astrozyten oder Spinnenzellen. Wir müssen nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse annehmen, dass sämtliche Elemente der Neuroglia von diesen Ependym- und Spinnenzellen abstammen, also ektodermalen Ursprunges sind.

Beide Kategorien, Ependym- und Spinnenzellen, entwickeln nun innerhalb ihres Zellkörpers Fasern, die Neurogliafasern, ganz in ähnlicher Weise, wie der Fibroblast kollagene Fasern bildet. Diese Neurogliafasern erlangen mit der Zeit eine gewisse Selbständigkeit, indem der Körper ihrer Ursprungszelle sich mehr oder weniger weit von der Faser zurückzieht. Weigert hat durch seine vortreffliche Färbungsmethode gezeigt, dass diese Neurogliafasern in bezug auf ihr färberisches Verhalten und aller Wahrscheinlichkeit nach auch in bezug auf ihre chemische Zusammensetzung von dem Protoplasma ihrer Ursprungszelle völlig verschieden sind, so dass wir mit einem gewissen Recht auch sagen können, die Neuroglia besteht im ausgebildeten Zustand aus Fasern und Zellen. Das gilt in gleicher Weise auch von dem Ependym. Weigert hat damit endgültig der Anschauung von Golgi und seinen Anhängern, dass nämlich die Gliafasern nichts als Zellausläufer seien, den Boden entzogen und der hier dargelegten, von Ranvier von jeher verfochtenen Lehre zum Siege verholfen.

Die Ependymzellen, die wir ja schon früher als Epithel des Zentralkanals kennen gelernt haben, erfahren mit der Zeit in

Erläuterung zu Tafel XLII.

Fig. 250 und 251.

Zwei Neurogliazellen aus dem Rückenmark des Orang-Utan.

Ca. 750 mal vergrössert.

Fig. 252 und 253.

Neurogliazellen aus dem Rückenmark des Menschen.

Ca. 750 mal vergrössert.

Fig. 254.

Querschnitt durch das Halsmark eines Affen. Man sieht das Epithel des Zentralkanals und erkennt die in das Septum posterius eindringenden, geschlängelten Ependymfasern.

Ca. 400 mal vergrössert.

Fig. 255.

Längsschnitt durch die Peripherie des Orangrückenmarkes. Von links nach rechts erkennt man die hellblaue Pia mit einem starken Blutgefäss, dann folgt die aus dicht gedrängten Gliafasern bestehende Gliahülle, von der aus die Fasern in die gelb gefärbte weisse Substanz einstrahlen.

Ca. 400 mal vergrössert.

Fig. 256.

Fissura mediana posterior vom Orangrückenmark mit dem in ihr gelegenen (hellblauen) Fortsatz der Pia mater, rechts und links von ihm die Gliahülle mit ausstrahlenden Bündeln von Gliafasern.

Ca. 400 mal vergrössert.

Fig. 257.

Zwei motorische Wurzelzellen des Orangrückenmarkes mit umgebenden Gliafasern und -zellen.

Ca. 400 mal vergrössert.

ihrem peripheren, lang ausgezogenen Teil eine beträchtliche Reduktion. Während wir sie im embryonalen Mark bis zur Peripherie verfolgen konnten, verliert sich im erwachsenen Mark der periphere Fortsatz sehr bald. Nur an zwei Stellen kann man diese Ependymfasern in erheblichem Masse auch bei Erwachsenen noch nachweisen, nämlich in der vorderen und hinteren Kommissur. Sie entsprechen hier dem beim Embryo sich findenden vorderen und hinteren Ependymkeil, haben sich aber jetzt meist schon vom Zentralkanal selbst zurückgezogen und strahlen einerseits nach dem Boden der Fissura mediana anterior, andererseits ins Septum posterius aus (Fig. 254).

Die Astrozyten oder wie wir sie jetzt lieber nennen wollen, die Gliazellen des erwachsenen Markes sind sternförmige Zellen mit mehreren kurzen, spitz ausgezogenen Ausläufern. Sie sind ausserordentlich häufig vielkernig und ihre Kerne sind ausgezeichnet durch hochgradigen Polymorphismus (Aguerre). Man findet unter ihnen spindelige, dreieckige, birnförmige, lappige, sanduhrförmige Kerne, auch Lochkerne sind durchaus kein seltenes Vorkommnis (Fig. 250—253).

Der Körper der Gliazelle wird durchsetzt von den Gliafasern. Die Fasern zeigen sehr verschiedene Dicke und sehr verschiedene Länge. Neben unmessbar feinen Fasern finden sich auch recht grobe und dicke Fasern. Niemals zeigen die Fasern Varikositäten, sie sind immer gleich dick in der ganzen Länge ihres Verlaufes. Die Fasern schliessen sich gar nicht selten zu dünneren oder dickeren Bündeln zusammen. Die Fasern durchsetzen, wie gesagt, den Zellkörper der Gliazelle, dabei legen sich die Ausläufer der letzteren den Fasern eng an, begleiten sie ein Stückchen weit (Fig. 250 und 251).

Sehr schwer zu beantworten ist die Frage, ob zu jeder Gliafaser im ausgebildeten Zustand auch eine Gliazelle gehört. Jedenfalls kann man viele Fasern durch grosse Strecken des Präparats verfolgen, ohne dass sie mit einer Zelle irgendwie in Konnex treten.

Was nun die Topographie der Neuroglia im Rückenmark anlangt, so kann man sagen, dass sämtliche Teile desselben Glia enthalten, doch nicht ganz gleichmässig. Am dichtesten ist die Glia um den Zentralkanal herum angehäuft, als Substantia grisea centralis (Fig. 254). Ihre Masse ist am stärksten entwickelt im oberen Halsmark und nimmt von hier nach unten kontinuierlich ab, indem sie fortwährend Fasern in das Septum posterius hinein-

schickt, das ausschliesslich aus Gliafasern besteht und vom Halsmark zum Sakralmark fortwährend an Dicke zunimmt. In auffallendem Gegensatz zu dem Reichtum der Substantia gelatinosa centralis an Gliafasern steht ihre Armut an Gliazellen (Krause und Aguerre).

Das Vorderhorn ist immer reicher an Gliafasern als das Hinterhorn. Jede Nervenzelle ist von einem mehr oder weniger dichten Korb von Gliafasern umgeben (Fig. 257). Starke Faserbündel begleiten auch die austretenden Vorderwurzelbündel, weit stärker aber noch sind diejenigen Gliamassen, welche mit den Hinterwurzeln ins Rückenmark eindringen. Die Clarke'sche Säule ist von einer dichten Gliahülle umgeben. Sehr arm an Glia ist die Substantia gelatinosa Rolandi.

Die weisse Substanz ist reich an Gliafasern. Fast jede Nervenfaser wird von ihnen umhüllt, doch kann von einer Isolation der Nervenfaser durch die umgebende Glia keine Rede sein. Die Fasern sind hier sehr lang und lassen sich auf weite Strecken verfolgen, wie sie in geschlängeltem Verlauf sich zwischen den Nervenfasern durchwinden. Äusserlich ist die weisse Substanz umgeben von einem Mantel von Glia, der in den verschiedenen Höhen des Rückenmarks verschieden dick ist, wir bezeichnen ihn als Gliahülle (Fig. 255 u. 256). Im allgemeinen kann man sagen, dass ihre Dicke im geraden Verhältnis zur Mächtigkeit der grauen Substanz steht, die geringste Dicke (2 μ) findet sich im Dorsalmark, die grösste Dicke (18—20 μ) in der Hals- und Lendenanschwellung. Die Gliahülle dringt auch in die Fissura mediana anterior ein und kleidet sie beiderseits aus. Vom ganzen Umfang der Gliahülle strahlen Gliasepten in die weisse Substanz ein, sie geben wieder feinere Septen ab und lösen sich schliesslich in solche auf (Fig. 255).

Über die Rolle, die die Neuroglia spielt, gehen die Ansichten der einzelnen Untersucher weit auseinander. Golgi schreibt ihr nutritive Funktion zu, die Gliazellen sollen einerseits mit den Gefässen, andererseits mit den Dendriten der Nervenzellen in Verbindung treten und letzteren Ernährungsmaterial zuführen. Nach Cajal ist die Neuroglia im wesentlichen Isolationsmaterial, nach Weigert Füllmaterial, sie füllt alle Räume aus, die die nervösen Bestandteile frei lassen. R. Krause endlich sieht in der Neuroglia einen Ersatz für die dem Zentralnervensystem fehlenden Lymphgefässe. Das Maschenwerk der Neuroglia liefert Spalträume, in denen die Lymphe bequem zirkulieren kann.

B. Das Kleinhirn.

Jede Kleinhirnwindung lässt auf dem Querschnitt drei deutlich voneinander getrennte Schichten erkennen. Den Grundstock jeder Windung bildet eine aus markhaltigen Nervenfasern zusammengesetzte Leiste, die Markleiste. Auf sie folgt nach aussen die Körnerschicht, Stratum granulosum, der weiterhin eine einfache Schicht grosser Ganglienzellen aufliegt, die wir aus dem allgemeinen Teil unseres Buches schon kennen. Es sind das die Purkinje'schen Zellen; die ganze Schicht wird als Stratum gangliosum bezeichnet. Ganz nach aussen bildet dann das breite Stratum cinereum, die Molekularschicht den Abschluss (Fig. 258).

Die Markleiste, Lamina medullaris besteht aus markhaltigen Nervenfasern, die einmal als Neuriten von Zellen der Kleinhirnrinde entspringen und durch die Markleiste das Kleinhirn verlassen, andererseits aber aus Fasern, welche durch das Mark in die Kleinhirnrinde eintreten und dort an Rindenzellen endigen. Von den ersteren, den zentrifugalen Fasern kommen hauptsächlich die Neuriten der Purkinje'schen Zellen in Betracht. Zentripetal leitend sind dagegen die später zu erwähnenden Moosfasern und die Kletterfasern.

Die Körnerschicht, Stratum granulosum zeigt bei unseren gewöhnlichen Färbungsmethoden nur ausserordentlich dicht gedrängt liegende Kerne. Spezifische Färbungsmethoden, wie die Golgimethode oder die Methylenblaufärbung lassen erkennen, dass diese Kerne zum weitaus grössten Teil kleinen Nervenzellen angehören, die wir als die kleinen Körnerzellen bezeichnen. Zwischen ihnen finden sich, aber viel spärlicher, grössere Zellen, die grossen Körnerzellen.

Die kleinen Körnerzellen (Fig. 259 und 260) sind exquisit kleine, multipolare Nervenzellen, annähernd einem Erythrozyten an Grösse gleichkommend. Von dem kleinen Zellkörper entspringen 3—5 kurze, kräftige, meist leicht bogig gekrümmte Dendriten, welche nach kurzem Verlauf sich in mehrere kurze klauenartige Zweige spalten und mit ihnen den Körper einer zweiten Körnerzelle umklammern. Der vom Zellkörper entspringende Neurit ist dagegen sehr dünn, er durchsetzt senkrecht zur Oberfläche die Körnerschicht, das Stratum gangliosum und einen Teil des Stratum cinereum und teilt sich innerhalb des letzteren T-förmig (Fig. 260). Die beiden Äste verlaufen dann in der Längs-

richtung parallel zur Windungsoberfläche, so dass sie auf den gewöhnlich ja angelegten Querschnitten als feine Punkte erscheinen. Sie endigen frei innerhalb des Stratum cinereum.

Die grossen Körnerzellen (Fig. 259) sind die klassischen Vertreter des II. Golgi'schen Zelltypus. Sie sind erheblich grösser als die vorigen. Von einem verschieden gestalteten Zellkörper gehen zahlreiche, starke, vielfach sich verästelnde Dendriten aus, die sich teils im Stratum granulosum verzweigen, teils weit in das Stratum cinereum vordringen. Der Neurit wendet sich markwärts, gibt schon bald nach Abgang von der Zelle zahlreiche Zweige ab und splittert sich schliesslich in ein dichtes Gewirr von feinsten Reiserchen auf, die das Gebiet der Körnerschicht aber nicht überschreiten.

Fig. 260.

Schematischer Längsschnitt durch eine Windung der Kleinhirnrinde. Nach v. Koelliker.

P = Purkinje'sche Zellen; p = Neurit der Purkinje'schen Zelle; K = Körnerzelle; N = Neurit einer Körnerzelle; Th = Teilungsstelle eines solchen Neurits.

Ausserdem wird die Körnerschicht durchsetzt von zahlreichen markhaltigen Fasern, die teils nach den äusseren Schichten streben, teils von dort herkommen und in die Markleiste eintreten.

Das Stratum gangliosum setzt sich zusammen aus den Purkinje'schen Zellen. Dieselben liegen in einfacher Schicht Zelle neben Zelle so, dass die Basis der Zelle gegen die Körnerschicht, die Spitze gegen die Kleinhirnoberfläche sieht. Es sind meist birnförmige, grosse Zellkörper (ca. 70 μ Durchmesser) (Fig. 91, 258 u. 259). Nach aussen verjüngt sich der Zellkörper und geht in einen oder zwei mächtige Dendriten über, die sich bald ausserordentlich reich durch die ganze Dicke des Stratum cinereum verästeln und zwar in einer Ebene, die quer

zur Längsrichtung der Windung steht (Fig. 260). Auf Querschnitten erhält man so Bilder, welche einem reich verästelten Baum nicht unähnlich sehen (Fig. 91 u. 259). Dieser Eindruck wird bei Golgipräparaten noch dadurch erhöht, dass die Dendriten mit zahllosen Rauhigkeiten besetzt sind, welche jedoch höchstwahrscheinlich als Kunstprodukte zu deuten sind. Der Neurit entspringt aus der Zellbasis, durchsetzt die Körnerschicht und wird zu einer in die Markleiste eintretenden markhaltigen Nervenfaser. Innerhalb der Körnerschicht gibt er zahlreiche Kollateralen ab, die teils in ihr enden, teils in das Stratum cinereum zurücksteigen. Hier bilden die schon markhaltigen Neuriten der Purkinje'schen Zellen einen dichten Plexus, in dessen Maschen die kleinen und grossen Körnerzellen liegen.

Das Stratum cinereum, die Molekularschicht, enthält nur kleinere Nervenzellen, von denen wir zwei Arten unterscheiden. Die einen finden sich hauptsächlich in den tieferen Schichten, dicht über dem Stratum gangliosum. Es sind das 10—20 μ grosse, multipolare Zellkörper, welche zahlreiche Dendriten hauptsächlich in die äusseren Schichten der Rinde schicken. Der anfangs feine, später erheblich dicker werdende Neurit läuft in der Querrichtung der Windungen, ungefähr parallel zur Windungsoberfläche dicht über den Körpern der Purkinje'schen Zellen hin und entsendet von Strecke zu Strecke einen Ast markwärts, welcher sich alsbald zu einem den Körper jener Zellen dicht umstrickenden Korb auflöst. Wegen dieses eigenartigen Verhaltens hat man diese Zellen auch als Korbzellen bezeichnet. Ihr Nervenfortsatz verbindet also mehrere Purkinje'sche Zellen miteinander (Fig. 259).

Die zweite Art von Zellen des Stratum cinereum bezeichnet man als kleine Rindenzellen. Sie finden sich in Form kleiner, mit zahlreichen feinen Dendriten versehener Zellen hauptsächlich in den äusseren Schichten. Über das Verhalten ihrer Neuriten ist nichts Sicheres bekannt (Fig. 259).

Die in das Stratum cinereum eintretenden zentripetalen Fasern sind die schon früher erwähnten Kletterfasern (Fig. 259). Sie führen ihren Namen deshalb, weil sie gleichsam an den Dendriten der Purkinje'schen Zellen in die Höhe klettern und an ihnen enden. Die von Cajal als eine besondere Art zentripetaler Fasern beschriebenen Moosfasern enden bereits in der Körnerschicht mit moosartigen Endbüschelchen. Sie finden sich aber in ihrer charakteristischen Form nur bei ganz jugendlichen Menschen und sollen nach Koelliker nur Jugendformen der Kletterfasern darstellen.

Die Neuroglia ist in den Kleinhirnwindungen nicht allzu reichlich entwickelt. Neben den gewöhnlichen Astrozyten finden wir hier mit ihren Verästelungen gegen die Oberfläche gerichtete baumförmige Zellen, deren Körper an der Grenze der Körner- und Molekularschicht liegt. Die Methode Weigert's überzeugt uns, dass die Gliafasern in der äussersten Schicht kein dichteres und reichlicheres Geflecht bilden, wodurch sich diese Schicht von solchen Partien des Rückenmarkes und der Grosshirnrinde unterscheidet. Dagegen sieht man in der Molekularschicht radiäre Fasern von der Oberfläche in die Tiefe strahlen. Überdies finden sich spärliche quere Fasern vor, welche manchmal in der Gegend der Purkinje'schen Zellen etwas reichlichere Faseranhäufungen bilden. In der Körnerschicht kommen Gliazellen nur so spärlich vor, dass sie manchmal beinahe ganz zu fehlen scheinen, dagegen treten sie in der Marksubstanz in Form von Neurogliageflechten reichlich auf.

C. Die Grosshirnrinde.

Wir wollen in den folgenden Zeilen nur das allgemeine Bauschema der Grosshirnrinde erörtern, ohne uns auf eine Besprechung der Abweichungen einzulassen, welche sich in den verschiedenen Teilen des Grosshirnes bemerkbar machen.

Die Grosshirnrinde besteht aus grauer Substanz, in welcher wir vier, ohne scharfe Abgrenzung ineinander übergehende Schichten unterscheiden können: 1. Die Molekularschicht, 2. die Schicht der kleinen Pyramidenzellen, 3. die Schicht der grossen Pyramidenzellen und 4. die Schicht der polymorphen Nervenzellen (Fig. 261).

1. Die Molekularschicht, das Stratum zonale von Koelliker ist eine zellarme, aber an Nervenfasern reiche Schicht. Von den letzteren finden sich hier einmal die sog. Tangentialfasern, markhaltige Fasern, parallel zur Windungsoberfläche verlaufend, die später noch besprochen werden sollen, ferner aber verbreiten sich hier vor allem sowohl die Dendriten als auch die Neuriten der tieferen Zellschichten. Da diese Fasern auf Schnitten, die senkrecht zur Windungsrichtung geführt werden, vielfach quergetroffen werden, so zeigt auf solchen Schnitten die Molekularschicht ein feinkörniges Aussehen.

Von zelligen Elementen finden sich in der Molekularschicht die sog. Cajal'schen Zellen (Fig. 262). Es sind das entweder spindelige oder dreieckige oder sternförmige Zellkörper. Ihre Fortsätze lassen

eine Unterscheidung in Dendriten und Neurit nicht erkennen, sondern verhalten sich sämtlich gleich. Die Fortsätze laufen ungefähr parallel zur Windungsoberfläche, verästeln sich reichlich und schicken dabei feine Reiserchen unter rechtem Winkel zur Oberfläche der Windung. Bei Tieren sind diese Zellen reichlich vorhanden. Ob die von Retzius beim menschlichen Embryo nachgewiesenen Elemente ihnen gleichwertig sind und ob sie überhaupt echte nervöse Elemente sind oder nicht vielmehr zur Neuroglia gehören, ist mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen.

2. Die Schicht der kleinen Pyramidenzellen enthält relativ kleine, pyramidenförmige Nervenzellen; sie sind an ihrer gegen das Mark gerichteten Basis bis zu 20 μ breit, nach der Windungsoberfläche verschmälert sich der Zellkörper allmählich und erreicht eine Länge bis zu 30 μ. Die Pyramidenspitze entwickelt sich zu dem Hauptdendriten, welcher senkrecht gegen die Windungsoberfläche verlaufend, einen grossen Teil der Molekularschicht durchsetzt und in deren äusseren Partien in viele frei endigende Äste zerfällt. Vom Zellkörper, vor allem von der Basis, zweigen sich, ebenso wie vom Hauptdendriten, zahlreiche quere und schräge Nebendendriten ab. Der Neurit entspringt meist aus der Mitte der Zellbasis und verläuft zunächst gerade in der Fortsetzung der Zellenachse, um dann in mehr oder weniger scharfem Bogen in die Marksubstanz einzutreten. Auf diesem Wege gibt er zahlreiche Kollateralen im rechten Winkel ab, die parallel zur Windungsoberfläche verlaufen (Fig. 261 u. 262).

3. Die Schicht der grossen Pyramidenzellen folgt nach innen auf die vorige, indem die Zellen in der Tiefe an Grösse immer zunehmen. Es finden sich darunter sog. Riesenpyramiden, die eine Länge von 80 μ und eine grösste Breite von 50 μ erreichen. In bezug auf ihre Dendriten und ihre Neuriten zeigen aber die Zellen genau dasselbe Verhalten wie die kleinen Pyramidenzellen (Fig. 261 u. 262).

4. Die Schicht der polymorphen Nervenzellen. Wenn auch in dieser Schicht noch zahlreiche typische Pyramidenzellen zu finden sind, so zeigt die Mehrzahl der Zellen von dieser Form doch grosse Abweichungen. Der Zellkörper wird meist spindelig oder kurz dreieckig, die Dendriten zeigen keine so typische Verästelungsweise, sondern strahlen mehr nach allen Seiten aus. Der Neurit tritt ebenfalls in die Marksubstanz ein (Fig. 261 u. 262).

Neben diesen für die einzelnen Schichten charakteristischen Zellen, die man auch als Zellen vom I. Golgi'schen Typus oder

vom Deiters'schen Typus bezeichnet, finden sich überall zerstreut in der Rinde, vor allem aber in der Schicht der polymorphen Zellen, Elemente vom II. Golgi'schen Typus, d. h. Zellen, deren Neurit schon in geringer Entfernung von der Zelle sich in zahlreiche Ästchen aufsplittert, also das Rindengebiet nicht verlässt. Hier muss auch noch besonderer, von Golgi und Martinotti aufgefundener und nach letzterem benannter Zellen gedacht werden, welche von rundlicher oder spindeliger Form sind, zahlreiche stärkere Dendriten abgeben und ihren Neuriten in die Molekularschicht schicken. Auf dem Wege dahin gibt er ausserordentlich zahlreiche Kollateralen ab, so dass die Zellen ebenfalls zum II. Golgi'schen Typus gezählt werden müssen (Fig. 262).

Die markhaltigen Nervenfasern bilden innerhalb der grauen Hirnrinde ein äusserst dichtes Geflecht. Sie strahlen besonders auf der Höhe der Windungen in dichten radiären Bündeln, den sog. Marksträngen oder Radiärbündeln aus der Marksubstanz in die Rinde ein. Die Bündel setzen sich aus zentrifugalen, also von den Rindenzellen als Neuriten entspringenden und aus zentripetalen, in die Hirnrinde eintretenden Fasern zusammen. Sie treten durch die polymorphe Schicht durch und verlieren sich in der Schicht der grossen oder kleinen Pyramiden immer mehr und mehr. Die schon früher erwähnten Tangentialfasern kann man in oberflächliche und tiefe einteilen, denen allen der zur Windungsoberfläche parallele Verlauf gemeinsam ist. Die äussersten finden sich in der Molekularschicht, die mittleren in der Schicht der kleinen Pyramiden. Sie bilden ebenso, wie das sog. superradiäre Flechtwerk (Streifen von Bechterew und Käs) zentripetale Bahnen, Fasern, die aus der Marksubstanz in die Hirnrinde eindringen und sich hier verästeln. Die tiefer gelegenen Faserzüge kreuzen sich mit den Marksträngen und werden als interradiäre Bündel bezeichnet. Ein Teil dieser Fasern verläuft in der Schicht der grossen Pyramidenzellen in Form eines Markstreifens, den man als den Gennari'schen oder Baillarger'schen Streifen bezeichnet. Diese interradiären Bündel setzen sich zusammen aus den Kollateralen, die von den Neuriten der Pyramidenzellen abgegeben werden.

Die Neuroglia besteht in der Hirnrinde zunächst der Oberfläche und in der Molekularschicht aus zahlreichen schief tangential verlaufenden Fasern, die nach aussen sich zu einer Rindenschicht verdichten. Je tiefer wir in der Hirnrinde vordringen, um so spärlicher werden die Fasern. Sehr reich an Fasern ist dagegen

wieder die Markschicht, in der die Neurogliafasern die markhaltigen Nervenfasern mit dichten Netzen umspinnen. Die Golgi'-sche Silberimprägnation zeigt an der Hirnoberfläche Gliazellen von baumförmiger Gestalt (Fig. 262).

Die Hüllen des Zentralnervensystems.

Rückenmark und Gehirn werden gemeinsam von drei bindegewebigen Hüllen umgeben, zu äusserst liegt die Dura mater, dann folgt die Arachnoidea und am weitesten nach innen liegt die Pia mater.

An der Dura mater können wir zwei Blätter unterscheiden welche durch lockeres Bindegewebe miteinander verbunden sind Die beiden Blätter bestehen aus vielfach durchflochtenen Bindegewebsbündeln, zwischen denen sich zahlreiche feine elastische Fasern finden. Das äussere Blatt bildet das Periost des Wirbelkanals resp. der Schädelhöhle. Sowohl nach aussen, als auch nach innen ist die Dura von einer einfachen Schicht epithelartig aneinander gelagerter Zellen bekleidet. Der durch lockeres fettreiches Bindegewebe ausgefüllte Raum zwischen beiden Durablättern enthält ein System von feinen, mit Lymphe erfüllten Spalträumen, die man in ihrer Gesamtheit als epiduralen Lymphraum bezeichnet.

Die Dura ist in ihrer periostalen Schicht relativ reich an Blutgefässen, das innere Blatt dagegen ist nur gering vaskularisiert. An Nerven ist sie und besonders die Dura mater cerebralis sehr reich. Dieselben endigen teils an den Gefässen, teils in der Substanz der Dura selbst und sollen nach Acquisto und Pusateri in feine Endknöpfchen auslaufen, die zwischen den die Innenfläche der Dura deckenden Epithelzellen liegen.

Die Arachnoidea ist ungleich viel dünner als die Dura mater und besteht aus netzförmig verflochtenen Bindegewebsbündeln, welche mit einer einfachen Schicht epithelartig angeordneter Zellen überzogen sind. Zwischen den Bindegewebsbündeln liegen Netze feiner elastischer Fasern. Von der Dura mater ist die Arachnoidea durch den Subduralraum, von der Pia mater durch den Subarachnoidealraum getrennt. Diese beiden Spalträume stehen unter sich und mit dem Epiduralraum in vielfacher, offener Verbindung und sind, wie aus dem Vorhergehenden hervorgeht, allseitig von jenen epithelartigen Zellen ausgekleidet. Sie werden durchquert von zahlreichen feinen Bindegewebsbälk-

chen und -Septen, welche Dura, Arachnoidea und Pia miteinander verbinden. Die Arachnoidea besitzt weder eigene Gefässe noch Nerven.

An bestimmten Stellen, z. B. zu beiden Seiten des Sinus sagittalis superior sitzen der Aussenfläche der Arachnoidea oft zottenförmige, gefässlose Auswüchse auf, die aus netzförmig verbundenen Bindegewebsbalken bestehen. Sie stülpen die an diesen Stellen stark verdünnte Dura in das Sinusinnere vor und werden als Granulationes arachnoideales oder Pacchioni'sche Granulationen bezeichnet.

Die Pia mater, die innerste der drei Hirnhäute, ist eine sehr feine Bindegewebsmembran, welche der Oberfläche des Rückenmarks resp. des Gehirns innig anliegt und sämtliche Vertiefungen derselben auskleidet, so z. B. auch die Fissura mediana anterior des Rückenmarks.

Wir können in ihr eine äussere und eine innere Lage unterscheiden. Die äussere Lage der Pia gleicht ganz in ihrem Bau der Arachnoidea und ist mit ihr durch zahllose Bindegewebsbälkchen und -Septen verbunden. Die innere Lage, Intima pia, ist von der vorigen durch einen kapillären Spalt getrennt und besteht ebenfalls aus Bindegewebsbälkchen, die in einfacher Schicht liegen und gleich, am Rückenmark zirkulär gerichtet sind. An der Pia mater des Gehirns fehlt die äussere Lage vollständig.

Die Pia mater enthält sehr zahlreiche Gefässe, teils eigene, vor allem in den Plexus chorioidei, teils solche, welche für die Substanz von Gehirn und Rückenmark bestimmt sind. In der Pia mater des Rückenmarks verlaufen die Gefässe zwischen den beiden Pialblättern. Die aus der Pia ins Gehirn und Rückenmark eintretenden Gefässe sind ein Stück weit von dem Bindegewebe der Intima pia scheidenartig umhüllt. Da diese Scheiden bei ihrem Ursprung aus der Pia trichterartige Erweiterungen zeigen, bezeichnet man sie als Pialtrichter.

Die Nerven der Pia mater sind zahlreich und teils markhaltig, sensibel, teils marklos, sympathisch. Die letzteren sind für die Gefässe bestimmt und enden an ihnen. Ob diese sympathischen Fasern auch mit den Gefässen ins Gehirn oder Rückenmark selbst eindringen, ist bis heute noch nicht mit Sicherheit entschieden, doch sprechen die physiologischen Erfahrungen der neuesten Zeit (Hürthle, Weber) unzweifelhaft dafür, dass auch die innerhalb von Hirn und Rückenmark verlaufenden Gefässe unter der Herrschaft erweiternder und verengernder Nerven stehen.

Die Telae chorioideae und Plexus chorioidei bestehen aus Pia mater und Hirnwand. Die letztere ist an diesen Stellen zu einer einfachen Lage kubischen Epithels verdünnt (Lamina epithelialis chorioidea). Im Embryonalleben tragen die Zellen einen Flimmerbesatz. Die Pia mater enthält in den Plexus sehr zahlreiche Gefässe. Nerven kommen in ihnen nicht vor. Telae und Plexus sind aller Wahrscheinlichkeit nach als Absonderungsstellen der Zerebrospinalflüssigkeit aufzufassen.

Die Blutgefässe des Zentralnervensystems.

Über die Blutgefässe des Rückenmarks besitzen wir sehr eingehende Untersuchungen von H. Kadyi, denen wir folgendes entnehmen können.

Die Arterienstämmchen gelangen als Arteriae radicales anteriores und posteriores längs der Nervenwurzeln zum Rückenmark und bilden in der Pia mater zahlreiche Anastomosen. Man kann neun solcher längs verlaufender Anastomosenketten unterscheiden, von denen die vordere unpaare (Tractus arteriosus anterior medullae spinalis) am stärksten entwickelt ist und als Fortsetzung der Art. spinalis anterior erscheint. Von diesem Tractus entspringt nun eine Reihe von ca. 200 Arterienästchen, welche, umschlossen vom vorderen Pialfortsatz, in die Tiefe der Fissura mediana anterior eindringen, in ihr nach rechts und links abbiegen und als Arteriae centrales in den medialen Abschnitt der grauen Vordersäule gelangen. Sie versorgen den grössten Teil der Vordersäule und auch noch die Cervix und einen Teil des Caput columnae posterioris. Ausserdem dringen von allen übrigen Teilen des arteriellen Netzes der Pia mater allenthalben zahlreiche kleinere und kleinste Arterienzweige in die weisse Substanz des Rückenmarkes ein (periphere Arterien). Ihre Verzweigungen reichen hie und da bis in die graue Substanz, wie auch umgekehrt manche Zweige der Zentralarterien aus der grauen Substanz in die weisse heraustreten. Alle Arterien zerfallen schliesslich in Kapillarmaschen, die sich wesentlich in der Längsrichtung des Markes entwickeln und in der weissen Substanz weniger dicht sind, als in der grauen und hier wieder innerhalb der Zellsäulen die reichste Entfaltung aufweisen. Die Arterien des Rückenmarkes sind Endarterien im Sinne Cohnheim's, d. h. sie gehen innerhalb der Rückenmarksubstanz keinerlei Anastomosen ein, im Gegensatze zu den netzbildenden Arterienverzweigungen der Pia mater.

Der Verlauf der Venen entspricht im Rückenmark nicht dem der Arterien. Die Zentralvenen sind relativ schwächer entwickelt als die Zentralarterien und hängen durch verschieden stark entwickelte Anastomosen mit den peripheren Venen zusammen, die an der hinteren Oberfläche des Rückenmarkes viel stärkere Netze bilden als vorn. Aus den Venennetzen der Pia mater fliesst das Blut durch vordere und hintere Wurzelvenen ab.

Im Grosshirn und Kleinhirn treffen wir im allgemeinen dort zahlreichere und dichtere Kapillarmaschen an, wo sich grössere Anhäufungen von Ganglienzellen (graue Substanz) vorfinden. Es zerfallen demnach die Arterien in der Rinde in ein sehr engmaschiges Kapillarnetz, welches beim Übergang in die Marksubstanz minder dicht wird und in der Richtung des Verlaufes der Nervenfasern gewöhnlich langgestreckt ist (Fig. 263 u. 264).

Geschlossene Lymphgefässe fehlen dem Zentralnervensystem vollkommen. Die in es eindringenden Blutgefässe sind jedoch von kapillären Räumen umscheidet, welche man als perivaskuläre Lymphräume ansehen kann. Sie öffnen sich in den Subarachnoideal- und den Subduralraum, die andererseits wieder mit den Lymphgefässen der Nasenschleimhaut und den Lymphbahnen der peripheren Nerven in offener Verbindung stehen. Auch mit dem Ventrikelsystem des Gehirns und dem Zentralkanal des Rückenmarkes steht der Subarachnoidealraum durch die Aperturae mediales und laterales ventriculi quarti in offener Verbindung.

2. Das periphere Nervensystem.

Das periphere Nervensystem setzt sich zusammen aus den peripheren Ganglien und den peripheren Nerven. Die peripheren Ganglien sind mehr oder weniger scharf durch bindegewebige Umhüllungen von ihrer Umgebung abgegrenzte kleinere oder grössere Haufen von Nervenzellen, welche zu einer frühen Zeit des Embryonallebens aus dem Zentralorgan ausgewandert sind. Wir unterscheiden sie je nach der Eigenart ihrer Zellen in Zerebrospinalganglien und sympathische Ganglien. Zu den ersteren gehören sämtliche Spinalganglien und von den Kopfganglien das Ganglion semilunare n. trigemini, Ganglion geniculi n. facialis, Ganglion vestibulare und Ganglion spirale n. acustici, Ganglion superius und Ganglion petrosum n. glosso-pharyngei, Ganglion jugulare und Ganglion nodosum n. vagi. Zu den sympathischen

zählen die Ganglien der Partes pelvina, abdominalis, thoracalis und cervicalis des Nerv. sympathicus und das Ganglion ciliare, Ganglion sphenopalatinum, Ganglion submaxillare und Ganglion oticum.

Die peripheren Nerven bestehen teils aus motorischen Fasern, d. h. mit Markscheide und Schwann'scher Scheide umkleideten Neuriten von motorischen Zellen des Rückenmarkes oder Gehirns, teils aus sensiblen Fasern. Diese letzteren sind die peripheren, ebenfalls mit Markscheide und Schwann'scher Scheide umgebenen Ausläufer von Zellen der vorhergenannten Zerebrospinalganglien, sie sind gleichwertig einem Dendriten und leiten wie diese zentripetal. Ausser motorischen und sensiblen Fasern enthalten dann fast alle peripheren Nerven noch marklose, sympathische Fasern. In den Plexus, welcher das sympathische Nervensystem bildet, in dem Grenzstrang des Nerv. sympathicus und in den von den sympathischen Ganglien ausstrahlenden Nerven finden sich fast ausschliesslich solche marklose Fasern.

Wir wollen nun zunächst die peripheren Ganglien, dann die peripheren Nerven in bezug auf ihren Bau etwas näher ins Auge fassen.

Die peripheren Ganglien.

a) Die Zerebrospinalganglien.

Als Typus eines Zerebrospinalganglions wollen wir in dem folgenden uns mit dem feineren Bau eines Spinalganglions beschäftigen. Jedes Zerebrospinalganglion ist umhüllt von einer mehr oder weniger dicken Kapsel aus fibrillärem Bindegewebe, welche sich kontinuierlich auf die ein- und austretenden Nerven fortsetzt. Die letzteren zerfallen innerhalb des Ganglions in zahlreiche Bündel, welche grössere Gruppen, Haufen oder Nester von Nervenzellen zwischen sich fassen (Fig. 265).

Jede Nervenzelle der peripheren Ganglien zeichnet sich vor den Nervenzellen des Zentralorgans dadurch aus, dass sie von einer bindegewebigen Kapsel umgeben ist (Fig. 266). Dieselbe zeigt zwischen feinen Bindegewebsfibrillen zahlreiche Bindegewebszellen. Auf der Innenfläche der Kapsel ordnen sich die Zellen in einer Schicht dicht nebeneinander an, so dass die Kapsel nach innen durch eine Art Epithel abgeschlossen ist. Ausserdem aber finden sich zwischen der Innenfläche der Kapsel und der Oberfläche der Nervenzelle noch besondere kleine und grössere oft sternförmige Zellen in sehr variabler Zahl, die von Cajal als Satellitenkörperchen, von Lenhossék als Mantelzellen

oder Amphizyten bezeichnet werden (Fig. 267 Az.). Sie haben mit dem Bindegewebe nichts zu tun, sondern sind nach dem letzteren Autor zentralen Ursprungs und den Schwann'schen Zellen der peripheren Nerven gleichwertig. Sie finden sich nicht überall, sehr reichlich aber in den Spinalganglien des Menschen. Hier liegen sie um den Nervenzellkörper in einfacher Schicht und buchten dessen Protoplasma buckelartig ein.

Die Nervenzellen der Zerebrospinalganglien gehören verschiedenen Typen an. Am häufigsten finden sie sich in Form

Fig. 265.

Spinalganglion der Katze.

Ca. 25mal vergrössert.

von mittelgrossen oder grossen kugeligen oder birnförmigen Zellkörpern. Sie sind, wie wir im allgemeinen Teil auseinandergesetzt haben, unipolar. Der dicke Fortsatz entwickelt sich ziemlich unvermittelt aus dem „Polfeld" der Zelle und zieht nun innerhalb des Kapselraumes in zahlreichen Windungen um den Zellkörper herum (Fig. 267a). Die Schlingen können sich zu einem Konvolut, einem Glomerulus zusammenschliessen, welcher sich in eine Grube des Zellkörpers einlagert (Fig. 267b). Sie können auch zum Teil sich erst extrakapsulär entwickeln. Nachdem der Fortsatz die Kapsel durchbrochen hat, umgibt er sich mit einer Markscheide und teilt sich in grösserer oder geringerer Entfernung vom Zellkörper T-förmig (Fig. 267c). Das eine Teilstück dringt als

Hinterwurzelfaser in das Rückenmark, das andere Teilstück stellt die sensible periphere Nervenfaser dar.

Ausser diesen Zellen, die sich durch die starken intra- oder auch extrakapsulären Windungen ihres Fortsatzes sog. Glomerulusbildung auszeichnen, kommen dann vor allem in den peripheren, sensiblen Kopfganglien noch Zellen vor, bei denen diese Glomerulusbildung fehlt und der Fortsatz in direktem geraden Verlauf die Kapsel durchbohrt (Fig. 267c).

Kern mit Kernkörperchen
Schräg-durchschnittene Nervenfasern
Kernhaltige Hülle
Kernhaltige Hülle von der Fläche gesehen
Längs-durchschnittene Nervenfaser
Protoplasma mit konzentrisch gelagerten Körnchen
Quer-durchschnittene Nervenfasern

Fig. 266.

Aus einem Querschnitte durch ein Spinalganglion des Kaninchens.

Ca. 400mal vergrössert.

Schon seit langer Zeit ist es bekannt, dass sich unter den Zellen der Zerebrospinalganglien immer Elemente finden, die ausser dem einen allbekannten Fortsatz noch andersartige Ausläufer des Zellkörpers zeigen, so dass sie also nicht mehr unipolare, sondern multipolare Zellen darstellen. In neuester Zeit sind diese Zellen von Dogiel, Cajal u. a. eingehend studiert worden und es hat sich gezeigt, dass sich solche multipolare Zellen in den verschiedensten Formen finden. Die Fortsätze können als dünne Stielchen zu einem oder mehreren vom Zellkörper oder auch von dem Nervenfortsatz entspringen und entweder innerhalb der Kapsel selbst dem Zellkörper dicht angelagert enden oder die Kapsel

durchbrechen und an einer beliebigen Stelle innerhalb des Ganglions enden (Fig. 267 d u. e). Das Ende dieser Ausläufer zeichnet sich immer durch eine mehr oder weniger starke kolbige Verdickung aus, die, wenn ausserhalb der Kapsel gelegen, sich wieder mit einer besonderen kleinen Kapsel umgibt (Fig. 267 e). Die Fortsätze können aber auch dicker werden, zahlreicher auftreten und innerhalb der Kapsel vielfach miteinander anastomosieren und ein

a b c Az Az d e f Az Az

Fig. 267.

Verschiedene Formen von Zellen der Zerebrospinalganglien. Nach Cajal.

dichtes Netzwerk bilden. Besonders bei älteren Menschen und bei Pferd und Hund sind, zuerst von Daae, später von Cajal, Levi u. a. sog. gefensterte Zellen beschrieben worden. (Fig. 267 f). Hier erscheint der Zellkörper an einer Stelle in ein weiteres oder engeres Netzwerk aufgelöst, in dessen Maschenräumen Amphizyten liegen. Die Maschen bestehen aus Nervenzellprotoplasma mit eingelagerten Neurofibrillen und aus dem Maschenwerk entwickelt sich der Nervenfortsatz.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, dass sämtliche innerhalb des Zerebrospinalganglions bis jetzt beschriebenen Fasern Ausläufer seiner Zellen sind. Es kommen jedoch auch Fasern zur Beobachtung, welche von aussen her in das Ganglion eindringen und an seinen Zellen endigen, also afferente Fasern darstellen. Die-

selben sind zuerst von Ehrlich beim Frosch beschrieben und später von Dogiel und Retzius eingehend untersucht worden. Diese Fasern dringen durch die Kapsel und bilden um den Zellkörper herum ein sehr dichtes feinfädiges Geflecht. Verfolgt man die Faser peripher, so erkennt man, dass es sich immer um marklose Fasern handelt und wir haben es hier wahrscheinlich mit sympathischen Elementen zu tun, welche durch den Ramus communicans zum Spinalganglion gelangen. Nach Cajal's Untersuchungen treten solche sympathische Fasern aber keineswegs zu sämtlichen Zellen der Zerebrospinalganglien heran.

Wie wir im allgemeinen Teil auseinander gesetzt haben, entwickeln sich die unipolaren Zellen der Zerebrospinalganglien aus bipolaren Zellen, sie sind sämtlich in ihrer Jugend bipolar. An manchen Stellen erhält sich nun diese Bipolarität dauernd. So finden wir die Ganglien des Nerv. acusticus ausschliesslich aus bipolaren Zellen zusammengesetzt und die Ganglia jugulare und nodosum des Nerv. vagus enthalten nach den neuesten Untersuchungen sowohl typische bipolare Formen, als auch Übergänge zur unipolaren Form.

b) Die sympathischen Ganglien.

Die sympathischen Ganglien besitzen ebenso, wie die Zerebrospinalganglien eine bindegewebige Hülle und die in ihnen enthaltenen Nervenzellen werden von Bindegewebskapseln umgeben, doch scheinen ihnen die früher beschriebenen Amphizyten gänzlich zu fehlen.

Die Nervenzellen, welche die sympathischen Ganglienzellen zusammensetzen, sind in ihrer überwiegenden Menge mittelgrosse oder kleine multipolare Zellen (13—40 μ Durchmesser). Ihr Neurit verlässt das Ganglion und gelangt als sympathische Nervenfaser zu seinem Bestimmungsort. Er kann sich aber auch unter Umständen mit einer Markscheide umgeben. Die Neuriten enden an den glatten Muskeln der verschiedensten Organe, wie Verdauungsorgane, Atmungsorgane, Zirkulationsorgane, Haut, Auge und so fort, ausserdem treten sie in die verschiedensten Drüsen ein, deren Sekretion von ihnen in hochgradiger Weise beeinflusst wird. In bezug auf das Verhalten der Neuriten kann man auch an den sympathischen Zellen nach Dogiel motorische und sensible Zellen unterscheiden. Die Dendriten der sympathischen Zellen enden entweder in demselben Ganglion und bilden in ihnen ein dichtes

Netz oder aber sie verlassen als dünne marklose Fasern das Ganglion, um in einem anderen zu enden (Dogiel).

Die in die sympathischen Ganglien eintretenden Nervenfasern sind teils zerebralen oder spinalen Ursprungs, teils stammen sie aus anderen sympathischen Ganglien. Sie endigen teils frei zwischen den Nervenzellen, teils in Endkörben, welche sich dicht um den Körper der Nervenzellen legen. Es können so die sympathischen Zellen nicht nur von Zellen ihrer eigenen Art, sondern auch von Zellen des Zentralnervensystems beeinflusst werden. So kann z. B. eine Vorderwurzelzelle des oberen Halsmarkes durch einen Ramus communicans einen Neuriten in das Ganglion cervicale superius senden. Hier umgreift sein Endkorb eine sympathische Zelle, deren Neurit sich dann im Plexus pharyngeus zu einer glatten Muskelzelle der Speiseröhre wendet.

Unipolare Zellen finden sich in den sympathischen Ganglien des Menschen weniger häufig, dagegen bilden sie einen charakteristischen Bestandteil der sympathischen Ganglien der Amphibien. Hier geht der Nervenfortsatz in gradem Verlauf von der Zelle aus. Um ihn herum windet sich in Spiraltouren die Spiralfaser. Dieselbe stellt eine afferente Faser dar und umgibt die Zelle mit einem Endkorb. Beale und Arnold sahen auch diese Faser als von der Zelle ausgehend an und beschrieben die letztere deshalb als einen eigenartigen Typus von bipolaren Zellen.

Die peripheren Nerven.

Die peripheren Nerven setzen sich zusammen aus den peripheren Nervenfasern, die, wie wir im allgemeinen Teil gesehen haben, bestehen entweder aus Achsenzylinder und Schwann'scher Scheide oder aus Achsenzylinder, Markscheide und Schwann'scher Scheide. Marklose Nervenfasern setzen vorwiegend die sympathischen, markhaltige, zum weitaus grössten Teil die zerebrospinalen Nerven zusammen.

Jeder periphere Nerv ist von Bindegewebe überzogen, welches die grösseren Blutgefässe des Nerven enthält und mit zahlreichen Fettzellen durchsetzt ist. Es bildet im Inneren zahlreiche gröbere und feinere Septen, welche die den ganzen Nerven zusammensetzenden Bündel voneinander trennen. Die Gesamtheit dieses Bindegewebes bezeichnen wir als Epineurium. Jedes Bündel des Nerven, sogen. sekundäres Bündel ist nun aber noch von einer besonderen Bindegewebsscheide eng umhüllt, welche sich durch

unsere Färbungsmittel leicht vom Epineurium differenzieren lässt und als Perineurium oder Perineuralscheide bezeichnet wird. Dieselbe zeigt einen exquisit lamellösen Bau. Jede Lamelle besteht aus einer Schicht längs verlaufender Bindegewebsbündel, die von einem Netzwerk elastischer Fäserchen umsponnen und mit platten Zellen in kontinuierlicher Schicht belegt sind. Von dieser Perineuralscheide aus dringen nun in jedes Nervenbündel feine

Fig. 268.

Teil eines Querschnittes des Nervus tibialis anterior eines 30jährigen Weibes. 76mal vergrössert.

Bindegewebslamellen ein, sondern grössere oder kleinere Gruppen von Nervenfasern zu primären Bündeln und senden dann auch zwischen die einzelnen Nervenfasern ihre kollagenen Fäserchen hinein. Die Gesamtheit dieses Bindegewebes bezeichnen wir als Endoneurium (Fig. 268). Um jede einzelne Nervenfaser herum bildet dieses Endoneurium eine besondere Scheide, welche wieder aus feinsten längsverlaufenden Bindegewebsbündelchen und aufgelagerten, epithelartig angeordneten Zellen besteht. Diese letzte,

jede einzelne Nervenfaser umhüllende Scheide hat Ranvier fälschlicherweise als Henle'sche Scheide beschrieben, wir wollen sie mit ihren Entdeckern, Key und Retzius, als Endoneuralscheide bezeichnen. An die Endoneuralscheide schliesst sich dann nach innen direkt die Schwann'sche Scheide.

Je mehr sich der Nerv seinem Ende nähert, um so dünner werden seine Äste, womit eine Verdünnung des Epineuriums und Perineuriums Hand in Hand geht. Wenn schliesslich die einzelnen Nervenfasern frei werden, so sind sie nach aussen von der Schwann'schen Scheide noch umhüllt von der Endoneuralscheide und diese geht kontinuierlich über in die die sensiblen Endorgane umgebende Hülle, sie dringt auch mit den Nerven in die peripheren Ganglien ein und setzt sich hier in die die Nervenzellen umhüllenden Kapseln fort. Die Schwann'sche Scheide dagegen dringt in die Kapsel ein und entwickelt sich hier aus den Amphizyten (Lenhossék) oder sie verliert sich vorher.

Die Blutgefässe der Nerven verzweigen sich innerhalb des Epineuriums vielfach, durchbohren dann die Perineuralscheide und gelangen so zwischen und in die primären Bündel, wo sie innerhalb des Endoneuriums in langgezogene Kapillarschlingen zerfallen.

Geschlossene Lymphgefässe besitzen die peripheren Nerven ebensowenig wie Gehirn und Rückenmark. An ihrer Stelle funktionieren die Räume zwischen den Lamellen der Perineuralscheide und die Spalträume innerhalb des Endoneuriums als Lymphräume. Sie stehen auch in offener Verbindung mit den Subdural- und Subarachnoidealräumen der Zentralorgane.

Auch Nerven, Nervi nervorum, finden sich innerhalb des Nervenbindegewebes, sie endigen teils an den Gefässen (W. Krause), teils frei im Bindegewebe (Prus).

3. Nervenendigungen.

Die Nervenendigungen stellen die letzten Enden (Telodendria) einzelner Neurone dar. Dieselben bilden Einrichtungen, welche die Bestimmung haben, das Nervensystem mit anderen Geweben und Organen in Verbindung zu bringen und den Einfluss des ersteren auf die letzteren zu vermitteln, oder die dazu dienen, innerhalb des Nervensystems selbst den Zusammenhang einzelner Kettenglieder oder Neurone untereinander zu erhalten.

Infolgedessen können wir die Nervenendigungen je nach dem Gewebe, in welchem sie angetroffen werden, in solche einteilen, die: I. im Epithelgewebe, II. im Bindegewebe, III. im Muskelgewebe und IV. im Nervengewebe enden.

Was den Bau der Nervenendigungen betrifft, so können wir im allgemeinen sagen, dass die einen von ihnen in den Geweben der verschiedenen Organe oft mit Hilfe von reichlich verästelten Endausbreitungen ihr Ende finden und zwar unmittelbar ohne besondere Adaptierung und Vermittelung bestimmter Elemente der betreffenden Gewebe; die anderen wiederum bilden erst im Zusammenhange mit bestimmten differenzierten Elementen der in Betracht kommenden Gewebe ein zur Aufnahme der Reize geeignetes Ganzes.

Die ersten unterscheiden wir als sogenannte freie Nervenendigungen, die letzteren als sogenannte Nervenendigungen mittelst End- oder Terminalkörperchen. In diesem Falle können die letzten Endigungen in unmittelbaren Kontakt mit ausdifferenzierten spezifischen Tastzellen treten, oder sich mit mehr oder weniger zahlreichen Bindegewebshüllen umgeben (eingekapselte Nervenapparate).

Diese eigentümlich oft sehr kompliziert gebauten Endapparate entstehen in der Weise, dass die Nervenfaser in ein anderes Gewebe (Epithel- oder Bindegewebe) hineinwächst, welches auf dieses Eindringen des Nerven spezifisch reagiert, indem es einer besonderen Differenzierung unterliegt. Die äusserste Endigung der Nervenfaser kann sich in den verschiedenen Endigungsformen verschiedenartig verhalten: es kann sein, dass sie sich nicht verästelt und einer Endverbreiterung unterliegt, oder sie kann im Gegenteil sich sehr weitgehend verzweigen, Geflechte oder sogar in sich abgeschlossene Netze bilden.

Trotz dieser mannigfaltigen Formen der Endigungen ist jedoch das Verhalten der Neurofibrillen innerhalb der Endausbreitung der Nervenfaser recht einförmig: dieselben bilden innerhalb der perifibrillären Substanz (Axoplasma) stets geschlossene Netze (Dogiel, Ramón y Cajal, Botezat). Nach diesen Untersuchungen scheinen freie Endigungen der Neurofibrillen in den Endapparaten nicht vorzukommen, wir haben es hier stets mit einem geschlossenen Endnetz (geschlossenen Schleifen) zu tun (Fig. 272 u. 275).

Manchmal sieht man, wie aus einer Nervenendigung eine Nervenfaser austritt, um dann sei es eine sekundäre oder tertiäre

Endigung derselben Art oder auch eine Nervenendigung anderer Art zu bilden. Es sind dies sogenannte ultraterminale Fasern (Ruffini). Es kommt auch vor, dass zwei von gesonderten Fasern gebildete Nervenendigungen derselben Art durch eine Nervenfaser, eine sogenannte Assoziationsfaser verbunden sind.

In die Nervenendkörperchen tritt neben der resp. den markhaltigen Nervenfasern, welche dort endigen (sogenannte zentrale Endigung), durch denselben Pol des Endkörperchens oft noch eine sehr dünne Faser ein, die schon lange vorher ihre Markscheide verlor und zerfällt in zarte Fäserchen, welche um jene zentrale Endigung ein Netz bildet ohne sich jedoch unmittelbar mit jener Endigung zu verbinden. Dies scheint ganz allgemein bei allen Formen der Nervenendkörperchen vorzukommen; so beschrieb Timofeew derartige Verhältnisse in den Endkolben, Dogiel und Willainen in den Grandry'schen Körperchen, Botezat in den Merkel'schen, Dogiel in den Meissner'schen Körperchen, Perroncito in den motorischen Endplatten etc.

Die Betrachtung der Nervenendigungen vom physiologischen Standpunkte trifft auf unüberwindliche Schwierigkeiten. Eine Einteilung der Nervenendigungen nach ihrer Bestimmung lässt sich vorläufig nicht durchführen, so lange wir den anatomischen Unterschied zwischen den zentripetalen und zentrifugalen Nervenfasern nicht kennen. Wir vermögen z. B. bei den Drüsen nicht apodiktisch zu behaupten, welche Endigungen sekretorisch und welche sensibel sind. Auch die Einteilung der sensiblen Endigungen nach der Fähigkeit des Perzipierens der einzelnen Gefühlsarten (Temperatur, Druck, Schmerz) glückte bisher nicht.

In unserer Beschreibung der Nervenendigungen werden wir uns an die Gewebe halten, in welchen dieselben angetroffen werden und beginnen mit den intraepithelialen.

I. Intraepitheliale Nervenendigungen.

In erster Linie unterscheiden wir hier freie Endigungen (Fig. 269), welche vor allem das mehrschichtige Epithel der Schleimhäute, der Hornhaut und der Epidermis reichlich innervieren. Die Nervenfasern verlaufen in Bündeln innerhalb des tiefer liegenden Bindegewebes bis zur Grenze des Epithels, verlieren ihre Scheiden, und die nackten Achsenzylinder überschreiten die Grenze des Epithels und zerfallen in feine Äste, von welchen einige tangential sich abzweigen und weiter verästeln. Solche Fasern rücken manch-

mal bis zu den äusseren Schichten des Epithels (in der Epidermis bis zum Stratum granulosum) vor, manchmal biegen sie dagegen wieder gegen die tieferen Schichten um, wo sie frei endigen (Harnblase, Retzius). Die Enden der Nervenfasern zeigen oft Verdickungen in Form von Knötchen. Die Verdickungen, sog.

Fig. 269.

Senkrechter Schnitt durch die Haut des Schweinerüssels, welche freie intraepitheliale Nervenendigungen und Merkel'sche Tastkörperchen enthält.

Mit Goldchlorid gefärbt. Ca. 300 mal vergrössert.

Varikositäten, im Verlaufe der Fasern, sind dagegen als durch die Präparationsmethoden hervorgerufene Kunstprodukte oder als postmortale Veränderung zu betrachten.

Den freien intraepithelialen Nervenendigungen kann man auch die Endigungen in den Drüsen beizählen. Wie die neueren Forschungen gezeigt haben, endigen hier die Nerven an der Ober-

fläche der Drüsenzellen, treten aber nie in dieselben ein, wie dies früher vermutet wurde. Manchmal sind die letzten Enden, welche der Aussenfläche der Zellen anliegen, verdickt und abgeplattet. Über die Einzelheiten siehe die betreffenden Abschnitte über die Drüsen.

Sodann finden wir innerhalb des Epithels Nervenendigungen in Form von Endkörperchen, namentlich sog. Merkel'sche Körperchen (Fig. 269, 270 u. 276). Dieselben sind am reichlichsten

Fig. 270.

Aus einem senkrechten Schnitt durch die Haut des Schweinerüssels.

Im Corium sieht man drei markhaltige Nervenfasern nach oben ziehen; in der Epidermis liegen mehrere Merkel'sche Tastkörperchen. Ca. 450 mal vergrössert.

im Schweinerüssel und in der äusseren Wurzelscheide der Tasthaare der Säugetiere vertreten. Beim Menschen sind sie, wenn auch spärlich, in der Epidermis der Haut anzutreffen. Wir finden namentlich in den tiefsten Schichten der Epidermis Zellen, welche sich von anderen Epithelzellen unterscheiden, indem sie grösser und heller sind und einen grossen, bläschenförmigen Kern besitzen.

Mittelst spezieller Methoden, welche besonders die Nerven veranschaulichen, z. B. der Vergoldungsmethode (Fig. 276) und

Methylenblaufärbung, kann man sich überzeugen, dass zu den sog. Merkel'schen Tastzellen Nervenfasern herantreten, welche an der Grenze des bindegewebigen und epithelialen Teiles der Haut ihre Scheiden verloren haben und an ihrem Ende Verdickungen in Form von schalenförmigen Gebilden, den sog. Tastmenisci aufweisen. Ein jeder Meniskus legt sich mit der konkaven Seite an die Tastzelle dicht an. Die Tastmenisci liegen gewöhnlich an der unteren Fläche der Zellen, so dass die herantretende Nervenfaser mit dem Meniskus und der Zelle lebhaft an das Bild einer Eichel mit Stiel, Fruchtbecher und Nuss erinnert. An den Merkel'schen Körperchen endigt ausserdem noch eine zweite dünne Nervenfaser in Form eines perizellulären Netzes (Botezat u. Dogiel). Diese Tastzellen sind ihrer Entwickelung nach als modifizierte epitheliale Zellen zu betrachten. Ihre Differenzierung wird durch das Herantreten einer Nervenfaser an die Epithelzellen veranlasst (Szymonowicz).

In der Mitte zwischen der ersten und zweiten Form, d. i. zwischen den intraepithelialen freien Nervenendigungen und den Nervenendigungen mittelst der Merkel'schen Tastzellen, stehen die intraepithelialen Endigungen im Gaumen des Frosches. Nach der Beschreibung Bethe's stehen dort die Nervenfasern durch verbreiterte Endplatten mit besonders charakterisierten Epithelzellen in Berührung. Hierher gehören auch die Nervenendigungen in der Schnauze des Maulwurfs (Eimer'sches Organ). Die Nervenfasern dieses Organes treten vermittelst seitlich abstehender Knöpfchen mit einer Reihe von speziell modifizierten Epithelzellen in Verbindung. Es gehören ferner hierher die Nervenendigungen in den Geschmacks-, Gehör- und Sehorganen, da in ihnen die verästelten und verdickten Enden der Nerven in Kontiguität mit differenzierten Epithelzellen, den sog. Sinneszellen (Neuroepithelzellen) stehen. Anders sind die Verhältnisse bei dem Geruchsorgan (worüber später).

II. Nervenendigungen im Bindegewebe.

Auch hier wurden freie Nervenendigungen an vielen Körperstellen vorgefunden. Die Nervenfaser verliert ihre Scheiden und der nackte Achsenzylinder zerfällt in mehr oder minder zahlreiche baumförmige, feine Ästchen, welche innerhalb des Bindegewebes frei endigen. Solche Endigungen wurden beobachtet in den Sehnen in sog. Sehnenspindeln (Golgi, Cattaneo,

Ciaccio, Ruffini), wo die reichlich verästelten Achsenzylinder zwischen die Bündel einer spindelförmigen Auftreibung der Sehne eindringen und daselbst frei endigen; ferner in der Subcutis und den tiefsten Partien der Cutis in den sog. Ruffini'schen Nervenverzweigungen, in der Haut knapp unter der Basalmembran, an der Grenze der Epidermis und der Lederhaut (Ranvier, Szymonowicz, Dogiel), im Nagelbett (Dogiel), an der Glashaut der Haarbälge (siehe Haare), im Endokard (v. Smyrnow), in der Pleura (Dogiel) und an anderen Stellen. Die freien Endigungen solcher Nerven erscheinen zuweilen in Form von ausgezackten Endplättchen, wie z. B. in der Hornhaut (Dogiel).

Die Endigungen der Nerven in Form von Endkörperchen bieten eine grosse Mannigfaltigkeit dar. Die eine Art von Endkörperchen bilden die sog. Endkolben. In allen Körperchen dieser Art unterscheiden wir drei Bestandteile, nämlich 1. den am meisten zentral liegenden und hier endigenden Achsenzylinder, 2. den sog. Innenkolben, welcher eine Art plasmatischer Scheide darstellt, und 3. die diese beiden Teile umfassenden Hüllen (Fig. 272).

Wir wollen zuerst eine Art von Endkolben beschreiben, deren Bau sehr einfach ist. Der gegen das Ende keulenförmig verbreiterte Innenkolben enthält einen Achsenzylinder, welcher mit einer knopfförmigen Anschwellung abschliesst. Den Innenkolben umgeben nur wenige Bindegewebsschichten, welche spärliche Bindegewebszellen enthalten. Solche Körper sind gewöhnlich länglich, manchmal spiralig gewunden. Öfters zerfällt der Achsenzylinder in mehrere, am Ende verdickte Terminalfasern, die von einer gemeinsamen Schicht von Bindegewebe umgeben sind. Körperchen dieser Art finden wir in der Conjunctiva (Krause), in der Haut des Schweinerüssels (Szymonowicz) etc.

Dieser einfache Bau der Endkolben kann einer gewissen Komplizierung unterliegen und zwar in doppelter Beziehung: einerseits dadurch, dass der Achsenzylinder sich reichlich teilt, sich windet und Geflechte oder Netze bildet, andererseits dadurch, dass die Bindegewebshülle eine mächtige Entwickelung erreicht.

In der ersteren Hinsicht etwas komplizierter gebaute Endkolben stellen die sog. Golgi-Mazzoni'schen Körperchen dar. Es sind das runde oder ovale Gebilde, an die eine oder zwei Nervenfasern herantreten. Ihr Achsenzylinder teilt sich hier in mehr oder weniger zahlreiche Äste, die sich winden und gegenseitig durchflechten, wobei sie häufig eine weitere Verästelung eingehen. Diese letzten Ästchen enden mit kleinen Anschwellungen.

Manchmal sind die sich durchflechtenden Schlingen so zahlreich, dass das Körperchen geradezu den Eindruck eines Nervenknäuels macht. Nach aussen sind die Körperchen von einer Bingewebshülle umgeben, welche aus wenig zahlreichen, konzentrisch angelegten Lamellen besteht. Solche Körperchen wurden gefunden in der Conjunctiva (Dogiel), in der Haut der Geschlechtsorgane als sog. Genitalnervenkörperchen (Dogiel), in der Cutis und Subcutis der menschlichen Haut, im Nagelbett (Dogiel) etc.

Fig. 271.

Herbst'sches Körperchen aus der Wachshaut des Entenschnabels.

Ca. 450 mal vergrössert.

Eine sehr stark entwickelte Bindegewebshülle, die in Form von zahlreichen konzentrisch angeordneten Lamellen auftritt, finden wir in den sog. Herbst'schen und Vater-Pacini'schen Körperchen.

Die Herbst'schen Körperchen (Fig. 271 u. 272) trifft man gewöhnlich neben den Grandry'schen in der Haut der Wasservögel. Sie stellen ovoide Gebilde von ca. 140 μ Länge und 80 μ

Breite dar. Den inneren Teil des Körperchens nimmt der am Ende knopfförmig angeschwollene Achsenzylinder und die plasmatische Scheide (Innenkolben) ein, welche den ersteren umgibt und rechts und links an eine Reihe von 6—10 Zellen (Kolbenzellen) grenzt, welche hier dieselbe Rolle zu spielen scheinen, wie die Tastzellen im Merkel'schen Körperchen. Der Achsenzylinder zeigt eine deutliche Zusammensetzung aus einem Netz von Neurofibrillen und Perifibrillärsubstanz (Fig. 272); derselbe entsendet zahlreiche Abzweigungen, welche nach Botezat zwischen die Kolbenzellen eindringen und in kleine Tastscheiben auslaufen. Der äussere lamellöse Teil besteht aus zahlreichen konzentrisch gelagerten bindegewebigen Lamellen, von denen die äusseren spärliche, platte Zellen enthalten. Die Nervenfaser tritt an einem Ende des Körperchens ein und durchdringt mit der Schwann'schen und der Markscheide den äusseren lamellösen Teil des Nervenendkörperchens. Beide Scheiden endigen an der Grenze des inneren Teiles des Körperchens.

Achsenzylinder
Innenkolben
Kolbenzellen
Hülle

Fig. 272.
Der innere Teil des Herbst'schen Körperchens, behandelt mit der Methode von Ramón y Cajal (nach Dogiel).

Die Vater-Pacini'schen Körperchen (Fig. 273) sind von den Herbst'schen etwas verschieden. Wir finden nämlich statt der neben dem Innenkolben in zwei Reihen liegenden grossen Zellen platte Zellen; der im Innenkolben verlaufende Achsenzylinder zerfällt oft in mehrere Ästchen; auch ist der lamellöse Teil stärker entwickelt. In grösseren Körperchen können wir bis 60 Lamellen zählen. Zwischen den letzteren findet sich eine helle seröse Flüssigkeit. Jede Lamelle ist von innen mit platten, epithelartig nebeneinander gelagerten Zellen ausgekleidet, deren Grenzen durch Argentum nitricum nachgewiesen werden können (Hoyer sen.). Manchmal treten Blutkapillaren in den lamellösen Teil ein. Sowohl in die Vater-Pacini'schen, wie auch in die Herbst'schen Körperchen gelangt ausser der dicken, zentral endigenden Nervenfaser noch eine zweite dünne Nervenfaser, welche ein feines, den Innenkolben umflechtendes Netz bildet (Timofeew, Dogiel). Diese Körperchen sind bis über 2 mm gross, daher gewöhnlich mit freiem Auge sichtbar. Wir finden dieselben im Unterhautbindegewebe der Handfläche und Fussohle, am zahlreichsten aber der Finger und Zehen,

ferner an den Beugeseiten der Gelenke, im Periost, im Mesenterium und Pankreas der Katze etc.

Kern

Lamelle

Fig. 273.

Querschnitt eines Vater-Pacini'schen Körperchens der Katze.

In der Mitte liegt der querdurchschnittene Achsenzylinder. Ca. 200 mal vergrössert.

Schliesslich haben wir im Bindegewebe noch eine Gruppe von Endkörperchen, nämlich solche, bei denen der Nerv in Beziehung zu den sog. Tastzellen tritt.

Es gehören hierher in erster Linie die sog. Grandry'schen Körperchen (Fig. 274). Sie sind verhältnismässig gross, denn ihr Durchmesser beträgt ca. 50 μ. Sie sind mit einer bindegewebigen Hülle umgeben, welche die Tastzellen und eine, das

Tastzelle

Nervenfaser

Bindegewebige Kapsel

Fig. 274.

Ein aus zwei Tastzellen und einer Tastscheibe zusammengesetztes Grandry'sches Tastkörperchen; aus einem senkrechten Schnitt durch die Wachshaut des Oberschnabels der Ente.

Ca. 400 mal vergrössert.

letzte Ende der Nervenfaser darstellende Tastscheibe umschliesst. Die Nervenfaser verliert ihre Scheiden an der Stelle, an welcher sie die bindegewebige Hülle durchdringt und verbreitert sich als nackter Achsenzylinder zur Tastscheibe, ohne einer Teilung zu unterliegen oder zerfällt in zwei bis vier Ästchen, deren jedes sich abplattet und eine Scheibe bildet. Jede dieser letzteren grenzt beiderseits an abgeplattete Tastzellen. Hieraus folgt, dass wir in Körperchen, welche eine Scheibe besitzen, zwei Tastzellen, welche in ihrer Form an runde Laibe Brot erinnern, dagegen in Körperchen mit zwei Scheiben drei Tastzellen, in Körperchen mit drei Scheiben vier Tastzellen usw. vorfinden. Die grössten Körperchen im Entenschnabel enthalten vier Scheiben und fünf Tastzellen. Die Tastscheiben sind am Rande dünner als in der mittleren Partie. Bei Anwendung spezifischer Methoden kann man sich überzeugen, dass die Neurofibrillen des Achsenzylinders beim Übergange in die Scheibe in eine grosse Zahl von feinsten Fibrillen zerfallen, welche fächerförmig auseinandergehen, in ihrem Verlaufe sich teilen, und untereinander anastomosieren. Am gegenüberliegenden Rande der Scheibe verbinden sich die Neurofibrillen miteinander, wodurch geschlossene Schlingen entstehen (Fig. 275). Die Tastscheiben und Tastzellen liegen parallel zur Aussenfläche der Haut. Die Tastzellen weisen innerhalb der zentralen Partie des Protoplasmas Fäserchen auf, welche bogenförmig gestaltet, mit ihrer konvexen Seite dem in der Mitte liegenden Kerne zugewendet sind. Die Grandry'schen Körperchen finden sich vor allem bei den Schwimmvögeln (Ente, Gans etc.) in der Cutis der Wachshaut des Schnabels und in der Zunge vor. Im Gaumen mancher Vogelgattungen, z. B. beim Huhn, bei der Taube sind im Gegensatz zu diesen zusammengesetzten kleine einfache Grandry'sche Körperchen zu finden, welche aus einer Tastzelle und einer Tastscheibe bestehen und deshalb sehr an Merkel'sche Körperchen erinnern. Die Tastzellen der Grandry'schen Körperchen sind bindegewebigen Ursprungs, wie dies die Untersuchungen über die Entwickelung dieser Körperchen dartun (Szymonowicz.) Es ist demnach der

Fig. 275.

Flachschnitt durch ein Grandry'sches Körperchen nach der Methode von Ramón y Cajal behandelt (nach Dogiel).

a = Achsenzylinder, der in die Tastscheibe übergeht. b = Tastzelle.

Ursprung dieser Tastzellen und der Merkel'schen Tastzellen ganz verschieden.

Einen höheren Entwickelungsgrad dieser Art von Nervenendigungen stellen vor allem die in den Zungenpapillen einiger Passeres befindlichen sog. Doppelsäulenkörperchen dar, in welchen die ziemlich zahlreichen Tastzellen in mehr oder weniger regelmässigen Doppelsäulen angeordnet sind. Die eintretende dicke Nervenfaser verläuft nach Verlust der Markscheide zickzackförmig zwischen den Säulen der Zellen, wobei sie nach rechts und links Seitenästchen abgibt, die sich in Tastscheiben ausbreiten. Sowohl in diesen, wie auch in den Grandryschen Körperchen gelingt es manchmal eine zweite an das Körperchen herantretende dünne Nervenfaser nachzuweisen, welche ein feines perikorpuskuläres Netz bildet.

Zu dieser Gruppe der Nervenendigungen wären auch, als komplizierteste Form die sog. Meissner'schen Körperchen zu zählen, welche wir vor allem in den Papillen der Haut, am zahlreichsten in den Fingerbeeren der Hände und Füsse vorfinden. Es sind dies Gebilde von meistens eiförmiger Gestalt, oft über 100 μ lang und gegen 50 μ breit. Nach aussen sind diese Körperchen von einer bindegewebigen Hülle umgeben, von welcher oft in das Innere dünne Scheidewände abgehen und so dem Körperchen einen gelappten Bau verleihen. Es gelangen zum unteren Pol des Körperchens ein oder zwei oder auch bis fünf Nervenfasern, welche ihre Markscheide beim Durchdringen der Bindegewebshülle verlieren. Der nackte Achsenzylinder unterliegt im Innern einer mehrfachen Teilung, windet sich spiralig oder schlangenförmig und verbreitert sich stellenweise bandförmig. Diese Verbreiterungen legen sich den zahlreichen, quer zur Längsachse des Körperchens angeordneten, langgestreckten Tastzellen eng an. Ausser diesen Endverästelungen der dicken markhaltigen Fasern treten an die Meissner'schen Körperchen dünne Nervenfasern heran, welche sich teilen, in das Innere der Körperchen eindringen, in feinste variköse Fädchen zerfallen, und ein recht dichtes Netz bilden; dieses umflicht die Endästchen der dicken markhaltigen Fasern, wobei jedoch beide Geflechte selbständig bleiben und miteinander nicht anastomosieren.

III. Nervenendigungen im Muskelgewebe.

Wir werden uns in erster Linie mit den motorischen Nervenendigungen im Muskelgewebe befassen. Von den sensiblen Nerven-

endigungen in der glatten Muskulatur und im Herzmuskel haben wir bis heute noch keine genaue Kenntnis.

a) In der glatten Muskulatur verhalten sich die Nervenendigungen, wie dies die neueren Untersuchungen mittelst spezieller Methoden nachgewiesen haben, folgendermassen: Die Nervenfaser dringt zwischen die Muskelbündel und unter fortgesetzter Teilung zwischen die einzelnen Muskelzellen ein. Die ganze Faser zeigt gewöhnlich im Verlaufe Varikositäten und endet, indem sie eine Endanschwellung bildet, frei an der Oberfläche der Muskelzellen. Diese Endanschwellung tritt demnach in unmittelbare Berührung, d. h. Kontiguität mit dem Zellkörper, an dessen Oberfläche sie endigt. Die letzten Enden der Nervenfasern gelangen nie bis in das Innere der Zellen und stehen deshalb auch mit den Kernen der Muskelzellen in keinem Zusammenhange, wie dies einige Autoren früher vermuteten. Nach Hofmann enden die Nerven in der glatten Muskulatur mit einem Endnetz, welches dicht an den Muskelzellen entlang zieht.

b) Im Herzmuskel endigen die motorischen Nerven ebenfalls an der Oberfläche der Zellen mittelst kleiner Anschwellungen und Knöpfchen. Es ist bei der grossen Anzahl von Nervenfasern möglich, dass jede Muskelzelle eine besondere Nervenfaser erhält. Die Nervenfasern bilden unter sich, vor der Abgabe der letzten Enden, Anastomosen, wodurch ein Endnetz gebildet wird, von welchem erst feine Endfäserchen auslaufen.

c) In quergestreiften Skelettmuskeln enden die motorischen Nerven auf folgende Art: Die Bündel markhaltiger Nervenfasern bilden im Perimysium Geflechte, die Fasern teilen sich und gelangen zu den einzelnen Muskelfasern, um an deren Oberfläche zu endigen (Fig. 277). Die Schwann'sche sowie die Endoneuralscheide gelangt nach der Ansicht einiger Autoren nicht bis zu den Muskelfasern, andere lassen sie jedoch mit dem Sarkolemma verschmelzen, die Markscheide endet an der Stelle, an welcher die Nervenfaser an die Muskelfaser herantritt. Das Ende des Achsenzylinders bildet eine hirschgeweihartige Verästelung. Die Lage dieser Endausbreitung und ihr Verhältnis zum Protoplasma der Muskelfaser ist nach der Meinung verschiedener Autoren verschieden, je nach der Ansicht derselben über das Verhalten der Schwann'schen Scheide. Es liegt nämlich nach der Ansicht der einen das letzte Nervenende auf dem Sarkolemma, nach der Ansicht derjenigen dagegen, welche die Schwann'sche Scheide in das Sarkolemma übergehen lassen, liegt es unter dem Sarkolemma in

unmittelbarer Berührung mit dem Protoplasma (Sarkoplasma) der Muskelfaser. Wir bemerken oft an der Stelle, an welcher die Nervenfaser zur Muskelfaser herantritt, bei seitlicher Betrachtung einen Hügel. Dieser Hügel heisst der Doyère'sche, weil Doyère als erster denselben in den Muskeln der Insekten nachgewiesen hat.

Die Endausbreitungen des Achsenzylinders stellen sehr verschiedene Verästelungsformen bei verschiedenen Tieren dar. Bei einigen (besonders bei Amphibien) verlaufen sie mehr geradlinig (Fig. 279), bei anderen dagegen (wie Reptilien, Vögeln, Säugetieren) S-förmig (Fig. 278). An der Stelle, an welcher die Endverästelung der Muskelfaser anliegt, finden wir an der Muskelfaser eine grössere oder geringere Menge einer feinkörnigen Substanz, welche Sohlenplatte oder Granulosa heisst (Fig. 278). Die Ansichten der Autoren über die Granulosa sind ebenfalls verschieden. Diejenigen, welche dem Endgeweih des Achsenzylinders seinen Platz unter dem Sarkolemma anweisen, betrachten die Granulosa als eine Ansammlung des Sarkoplasmas, andere dagegen, welche die Ansicht vertreten, dass der Achsenzylinder auf dem Sarkolemma endigt, leugnen die Identität der Granulosa mit dem Sarkoplasma und halten dieselbe für eine Anhäufung von Neuroplasma. Die Sohlenplatte weist Kerne auf, welche

Fig. 280.

Nervenendigungen in Muskelspindeln. (Nach Dogiel.)

A. Eine in einer einfachen Spindel des Musc. transversus abdominis des Kaninchens in zwei spiralartigen Endapparaten endigende markhaltige Nervenfaser (a).

B. a = Nervenstamm; b = eine dicke, in einer einfachen Spindel in spiralartigen Endapparaten endigende markhaltige Nervenfaser; c = dünne markhaltige Nervenfaser, die in motorischen Apparaten endigt.

zur Muskelsubstanz und nach Ansicht anderer zur Schwann'schen Scheide gehören. Jede Muskelfaser besitzt gewöhnlich nur eine motorische Nervenendigung. Manchmal treten jedoch zu einer Muskelfaser zwei oder sogar mehrere Nervenfasern hinzu und dann besitzt die erstere zwei oder mehrere Nervenendigungen (Fig. 278). Manchmal innerviert im Gegenteil eine Nervenfaser zwei Muskelfasern (Fig. 279).

Auch in den motorischen Endigungen weist die Endverästelung des Achsenzylinders eine Zusammensetzung aus geschlossenen Netzen von Neurofibrillen inmitten der perifibrillären Substanz auf (Ramón y Cajal, Dogiel).

Die sensiblen Nerven versorgen die quergestreiften Skelettmuskeln auf verschiedene Art. Entweder verästeln sie sich baumförmig nach Verlust der Scheiden und endigen frei als nackte Achsenzylinder in dem den Muskel bedeckenden, wie auch im interstitiellen Bindegewebe oder sie enden mit speziellen Einrichtungen in den sog. Muskelspindeln (Muskelknospen). Diese letzteren sind spindelförmige, an der Übergangsstelle der Muskeln in die Sehnen liegende Gebilde, welche aus mehreren (1—4—15) quergestreiften Muskelfasern bestehen und von einer dicken Bindegewebshülle umgeben sind.

An die Spindel treten gewöhnlich 1—2 dicke, markhaltige Fasern heran; dieselben dringen durch die Hülle und zerfallen in mehrere marklose Ästchen, welche abgeplattet in Form eines Bandes in mehrfachen Spiraltouren die Muskelfaser umwinden und mit Verbreiterungen an deren Oberfläche enden (Fig. 280).

Zusammen mit diesen dicken Nervenfasern treten zu den Muskelspindeln noch 1—3 dünne markhaltige Fasern, welche an den Polen der Spindel Endverzweigungen bilden (Fig. 280). Dieselben sind jedoch nach Ansicht der Mehrzahl der Forscher als motorische Endigungen zu betrachten. Überdies gelangen zu den Muskelspindeln dünne, marklose (sympathische) Fasern, um dort feine Netze zu bilden. Die Muskelspindeln werden als Organe des Muskelsinnes aufgefasst.

IV. Nervenendigungen innerhalb des Nervengewebes.

Da es sich hier um das Verhalten der letzten Endigungen der Neuronen inneralb des Zentralnervensystems handelt, muss auf das betreffende Kapitel verwiesen werden, um Wiederholungen zu vermeiden.

Allgemeine Betrachtungen über das gegenseitige Verhältnis der Neuronen im Zentralnervensysteme.

Wir haben bereits (S. 325) erwähnt, dass man sich gegenwärtig das Nervensystem fast allgemein als eine aus einzelnen Gliedern (d. i. Neuronen) bestehende Kette vorstellt.

Fig. 281.

Schema für das gegenseitige Verhältnis sensibler und motorischer Nerven im Zentralnervensysteme.

Die Leitungsrichtung ist durch Pfeile angezeigt. (Nach Ramón y Cajal.)

Die Einwirkung der einzelnen Neuronen aufeinander kommt nur durch Vermittelung der miteinander in Kontaktbeziehungen („per contiguitatem“) stehenden Telodendrien zustande. Fig. 281

soll das gegenseitige Verhältnis der Neuronen innerhalb des Nervensystems darstellen. Sie illustriert nämlich das Verhältnis des zentripetalen (sensiblen) Neurons zum zentrifugalen (motorischen). Dieses Verhältnis kann zweifacher Art sein; es sind entweder bloss zwei (sog. primäre) Neurone im Spiel oder es erfolgt die Einschaltung sekundärer Neuronen.

Im ersten Falle haben wir es mit dem sog. sensitiv-motorischen Reflexbogen (Fig. 281) zu tun. Das in der Epidermis (a) verteilte Telodendrion nimmt die Gefühlseindrücke auf, welche sich zellulipetal zur Spinalganglienzelle fortpflanzen; von hier gelangen sie durch die hintere Wurzel in die graue Substanz des Rückenmarkes, innerhalb welcher der Reiz vom Telodendrion des sensiblen Neurons A, auf das Telodendrion des protoplasmatischen Fortsatzes des motorischen Neurons B übergeht, dessen Zelle im Vorderhorn des Rückenmarkes liegt. Dieser Reiz gelangt zur Zelle B und durch sie hindurch zu ihrem Nervenfortsatz. Zellulifugal verläuft er dann zum Telodendrion des letzteren (C, motorische Nervenendigung), welches im Muskel endet. Auf diese Art kommen die reflektorischen Bewegungen zustande.

Die Sache verhält sich jedoch anders, wenn der Gefühlseindruck zur Gehirnrinde gelangen und eine willkürliche Bewegung hervorrufen soll. In diesem Falle nehmen auf der ganzen Bahn wenigstens vier Neurone teil. Der sensible Reiz pflanzt sich von der Zelle A nach oben fort, indem er in dem in der weissen Substanz des Rückenmarkes weiterziehenden Hauptfortsatz a_2 verläuft und auf das Gefühlsneuron zweiter Ordnung C übergeht. Von hier tritt er auf die motorische Nervenbahn über und zwar auf das Telodendrion des motorischen Neurons (D), welches in der Hirnrinde liegt und zu einer sog. Pyramidenzelle (psychischen Zelle) gehört. Der Neurit der Pyramidenzelle (d) zieht nach abwärts und geht auf die entgegengesetzte Seite über. Er überträgt als motorisches Neuron erster Ordnung den Bewegungsimpuls auf das motorische Neuron zweiter Ordnung (E), dessen Zelle im Vorderhorn des Rückenmarkes liegt; von hier gelangt der Reiz zum Muskel und ruft die beabsichtigte Bewegung hervor.

VIII. Die Sinnesorgane.

Unter Sinnesorganen verstehen wir diejenigen Organe, welche dazu bestimmt sind, die unseren Körper von aussen her treffenden Reize aufzunehmen und an das zentrale Nervensystem behufs weiterer Verarbeitung abzugeben. Es sind das teilweise ausserordentlich kompliziert gebaute Organe, welche ausser den spezifischen, der Perzeption dienenden Elementen noch mannigfache akzidentelle Vorrichtungen besitzen, welche die Perzeption ermöglichen oder erleichtern oder als Schutzvorrichtungen funktionieren.

Wir unterscheiden bekanntlich fünf Sinnesorgane, nämlich:

1. das Tastorgan,
2. das Sehorgan,
3. das Gehörorgan,
4. das Geschmacksorgan und
5. das Geruchsorgan.

Der Tastsinn hat seinen Sitz in der äusseren Haut, so dass dieselbe in ihrer Gesamtheit als Tastorgan bezeichnet werden kann. Doch darf dabei nicht vergessen werden, dass die Haut in ebenso hohem Grade als Schutzorgan des Körpers und in nicht unbeträchtlichem Grade auch als Respirationsorgan funktioniert.

1. Die Haut — das Tastorgan.

Die Haut bedeckt die gesamte Körperoberfläche und entwickelt an bestimmter Stelle besondere Anhangsgebilde, die Haare und die Nägel. Sie enthält ausserdem zahlreiche drüsige Organe, die Schweissdrüsen und die Talgdrüsen. Wir können überall an der Haut zwei Teile unterscheiden, nämlich ein vom äusseren Keimblatt abstammendes vielschichtiges Epithel, welches als Epidermis (Fig. 283) bezeichnet wird und zweitens einen darunter gelegenen mesodermalen, bindegewebigen Teil, das Derma oder die Cutis. Die letztere lässt wieder eine oberflächliche derbere, kompaktere Schicht, die Lederhaut oder Corium erkennen, welche sich direkt an die Epidermis nach innen anschliesst und eine tiefere, locker gebaute Lage, das Unterhautbindegewebe, subkutane Bindegewebe, Tela subcutanea, welche die Lederhaut mit den tiefer gelegenen Organen, z. B. Muskeln oder Knochen, verbindet.

Die Grenze zwischen Epidermis und Cutis ist gewöhnlich nicht eben, gleichmässig, sondern uneben hügelig, denn die Cutis bildet meistens kegelförmige Erhabenheiten, Papillen (Fig. 283, 285, 286), über welche die Epidermis hinwegzieht. Diese Papillen stehen oft zu mehreren auf einer gemeinsamen Basis und sind an den verschiedenen Stellen der Körperoberfläche sehr verschieden entwickelt. Die längsten Papillen finden sich in der Planta pedis, der Vola manus, der Glans penis, wo sie eine Länge von 0,2 mm erreichen können. In der Gesichtshaut dagegen erscheinen sie nur als ganz flache Erhebungen. Die Papillen bestehen aus Bindegewebe und bergen in ihrem Inneren entweder Blutkapillarschlingen oder Nervenendkörperchen, so dass man sie in Gefässpapillen und Nervenpapillen trennen kann.

Ausser diesen Papillen bildet die Lederhaut an ihrer Oberfläche auch noch ein kompliziertes System von Leisten aus, die durch Furchen voneinander getrennt werden und auf ihrer oberen Fläche die Papillen tragen, während innerhalb der Furchen die Papillen fehlen. Die die Leisten trennenden Furchen können sich kreuzen. Diese Leisten sind auch leicht äusserlich schon makroskopisch zu erkennen.

Die Lederhaut besteht aus leimgebendem Bindegewebe. Ihre Fasern sind zu Bindegewebsbündeln vereinigt, welche sich in mannigfacher Weise durchkreuzen und durchflechten. Zwischen den kollagenen Fasern finden sich Netze elastischer Fasern, die in den oberflächlichen Lagen dünner, in den tieferen Lagen dicker sind. Auch die zelligen Elemente des Bindegewebes in ihren verschiedenen Variationen treffen wir in dem Corium.

Im Corium lassen sich zwei Schichten unterscheiden:

1. die Pars papillaris und
2. die Pars reticularis.

Die Pars papillaris ist die oberflächliche, sie liegt direkt unter der Epidermis; aus ihr erheben sich die Papillen. Nach unten zu geht sie ohne deutliche Grenze in die Pars reticularis über, in der sich die Bindegewebsbündel vielfach kreuzen und dabei zwischen sich längliche Räume frei lassen, die Langer'schen Rhomben, welche teils durch Fettgewebe, teils durch Schweissdrüsen, ausgefüllt sind.

Auch muskulöse Elemente finden sich im Corium und zwar hauptsächlich glatte Muskeln; die Zellen sind zu dünnen Bündeln zusammengeschlossen und nehmen vorzugsweise einen zur Oberfläche parallelen Verlauf, dabei können sie sich an manchen

Stellen, z. B. in der Haut des Hodensackes (Tunica dartos), der Brustwarze und des Warzenhofes netzförmig durchflechten. Daneben treffen wir dann noch glatte Muskeln, die zu den Haaren und zu den Schweissdrüsen gehören und dort besprochen werden sollen. Aber auch quergestreifte Muskeln können sich bis ins Corium erstrecken, das gilt z. B. von den mimischen Muskeln des Gesichtes.

Das Unterhautbindegewebe zeichnet sich vor der Lederhaut durch eine stärkere Auflockerung des Bindegewebes aus. Die es zusammensetzenden Bündel erheben sich aus dem bindegewebigen Überzug tiefer gelegener Organe, z. B. aus den Muskelfaszien und bilden, sich vielfach durchflechtend und durchkreuzend, ein lockeres Maschenwerk, das allmählich in das Corium übergeht und in seinen Maschenräumen ansehnliche Mengen von Fettgewebe umschliesst (Fig. 283). Ist das letztere stärker entwickelt, so sprechen wir von einem Panniculus adiposus; ein ganz fettfreies Unterhautbindegewebe findet sich nur an wenigen Stellen, z. B. an der Ohrmuschel und am Hodensack. Verlaufen die Bündel des Unterhautbindegewebes mehr oder weniger parallel zur Oberfläche auf lange Strecken, so resultiert daraus eine weitgehende Verschieblichkeit der Haut, die letztere lässt sich in grösseren Falten abheben, während ein zur Oberfläche senkrechter Verlauf kürzere Bündel und damit schwerere Faltbarkeit der Haut erzeugt.

Wenn wir damit den bindegewebigen Teil der Haut verlassen und uns zur Besprechung der Epidermis wenden, so wäre zunächst noch der sogenannten Basalmembran zu gedenken. Wie bei vielen anderen Epithelien, so schiebt sich auch hier zwischen Epithel und Bindegewebe ein dünnes, strukturloses Häutchen ein, dem die tiefste Zellschicht des Epithels aufsitzt.

Die Epidermis stellt ein geschichtetes Plattenepithel dar, in dem wir zunächst eine äussere Hornschicht, Stratum corneum und eine tiefer gelegene Keimschicht, Stratum germinativum oder Stratum Malpighii unterscheiden können. Das letztere lässt wieder vier Unterschichten erkennen und zwar von innen nach aussen: a) Stratum cylindricum, b) Stratum spinosum, c) Stratum granulosum und d) Stratum lucidum (Fig. 285 u. 286).

Keimschicht und Hornschicht zeigen nicht überall die gleiche Entwickelung. An den meisten Stellen der Körperoberfläche ist die Keimschicht dicker als die Hornschicht, nur an manchen Stellen,

wie in der Vola manus und Planta pedis kommt es zu einer so mächtigen Entwickelung der Hornschicht, dass sie die Keimschicht an Dicke übertrifft.

Str. corneum
Str. granulosum
Str. germin.
x
Corium
S
P
M
y

Fig. 284.

Schematischer Durchschnitt der Haut, senkrecht zum Längsverlaufe der Leisten.

Diese Figur soll zeigen, wie der Schnitt in Fig. 285 ausgeführt wurde. Linie x—y gibt nämlich die Richtung des Durchschnittes an. S = Schweissdrüse, P = Papille, M = Meissner'sches Körperchen.

Das Stratum cylindricum besteht aus einer einfachen Lage mässig hoher Zylinderzellen, deren Basis in feine Zähnchen und Zacken ausläuft. Zwischen die letzteren dringt das Bindegewebe des Stratum papillare ein, wodurch eine ausserordentlich feste Verbindung zwischen Epidermis und Cutis hergestellt wird. Das Stratum spinosum besteht aus zahlreichen Lagen polyedrischer Zellen. Es füllt alle Vertiefungen zwischen den Papillen aus. Sowohl die Zylinderzellen des Stratum cylindricum, als auch die Zellen des Stratum spinosum sind Stachelzellen, wie sie im allgemeinen Teil des Näheren beschrieben worden sind. Auf das Stratum spinosum folgt nach aussen das Stratum granulosum, so benannt wegen des Gehaltes an Keratohyalinkörnern, welche die beginnende Verhornung anzeigen. Es besteht an den meisten Stellen nur aus einer Lage von Zellen, die an beiden Enden stark verdünnt sind, so dass sie auf dem Schnitt spindlig erscheinen. Nur in der Vola manus und Planta pedis können bis 4 Lagen solcher Zellen übereinander liegen. Ihr Kern ist schwer färbbar, arm an Chromatin. Ihr Körper ist dicht gefüllt mit kleinen Körnchen, die eine grosse Verwandtschaft zu vielen basischen Farbstoffen zeigen. Diese Keratohyalinkörner (Waldeyer) zeigen in mikrochemischer Hinsicht gewisse Ähnlichkeit mit dem Fett, sie sind anisotrop. Über ihre Entstehung herrschen verschiedene Ansichten, die einen leiten sie vom Zellprotoplasma ab, die anderen sprechen sie als Umwandlungsprodukt des zugrunde gehenden Zellkernes an. Die erstere Ansicht scheint nach den neueren Arbeiten von Weidenreich und Apolant wohl das Richtige

zu treffen. Das Stratum lucidum zeichnet sich, wie sein Name besagt, durch seinen hohen Glanz und durch seine starke Anisotropie aus. Es besteht aus zwei bis drei Zellagen, aber die einzelnen Zellen grenzen sich nur unvollkommen gegeneinander ab, bilden eine mehr homogene Masse, in der Kerne nicht mehr zu erkennen sind. Es hat sich hier durch Zusammenfliessen der Keratohyalinkörnchen eine Substanz gebildet, die sich vom Keratohyalin in mancher Beziehung unterscheidet und als Eleïdin (Ranvier) bezeichnet wird. Das Eleïdin ist flüssiger als das Keratohyalin, stärker anisotrop und zeigt eine grössere Affinität zu sauren Farbstoffen.

Das Stratum corneum besteht aus mehr oder weniger zahlreichen Schichten flacher Zellen, den Hornzellen. Ein Kern ist in ihnen nicht mehr nachweisbar, wohl aber die Höhle, in der er lag. Jede Zelle ist von einer verhornten Membran umgeben und besitzt in ihrem Inneren ein nicht verhorntes Netzwerk, dessen Maschen wahrscheinlich eine flüssige Substanz umschliessen. Dadurch, dass benachbarte Zellmembranen miteinander verschmelzen, können anscheinend solide Hornplatten entstehen (Zander, Rabl, Weidenreich). Es haben sich die oberflächlichsten Schichten der Zelle in Hornsubstanz, Keratin umgewandelt, während das Zellinnere von diesem Prozess nicht betroffen wird. Dieses Keratin unterscheidet sich in vielen wesentlichen Punkten, z. B. durch seine Unverdaulichkeit in Magen- und Pankreassaft vom Keratohyalin und neuere Untersuchungen (Kromayer, Apolant) berechtigen zu der Annahme, dass Keratohyalinbildung und Keratinbildung nichts miteinander zu tun haben, letztere kann auch sehr wohl ohne erstere erfolgen.

Die verhornten Zellen werden fortwährend mit den äussersten Schichten des Stratum corneum abgestossen, es findet also ein fortwährender Zellverlust an der Oberfläche statt, der durch allmähliches Aufrücken der tieferen Zellagen ausgeglichen wird. Der Ersatz wird geschaffen durch Teilung der in den tiefsten Schichten vorhandenen Zellen. Dementsprechend finden wir auch immer in dem Stratum cylindricum und den tieferen Lagen des Stratum spinosum karyokinetische Figuren.

Die Haut der kaukasischen Rasse ist im allgemeinen frei von Pigment, nur an wenigen Stellen erscheint sie durch Pigmenteinlagerungen braun gefärbt, so an der Brustwarze, im Warzenhof, an den grossen Schamlippen, am Hodensack und in der Umgebung des Afters. Bei farbigen Rassen findet sich das Pigment

einmal innerhalb und zwischen den Zellen des Stratum cylindricum und Stratum spinosum, dann aber auch in der Lederhaut und zwar hier innerhalb spindliger oder verästelter Bindegewebszellen. Diesen Melanoblasten scheint eine erhebliche Migrationsfähigkeit inne zu wohnen. Man hat sie bei Tieren in die Epidermis selbst einwandern sehen.

Auch über die Entstehung des Pigmentes sind die Ansichten sehr geteilt. Schwalbe, Rabl, Post lassen das Pigment ausschliesslich in den Zellen selbst entstehen (autochthone Pigmentbildung), Nothnagel, Ehrmann, Rosenstadt u. a. nehmen daneben noch eine Bildung von Pigment aus dem Blut an (hämatogene Pigmentbildung). Das Pigment soll nach der letzteren Ansicht von den Melanoblasten aus den Blutgefässen aufgenommen und nach der Epidermis transportiert werden.

Die Haare.

Die Haare sind fadenförmige Gebilde der Epidermis und mit Ausnahme von der Vola manus, der Planta pedis, dem roten Lippensaum, der Glans penis und dem inneren Blatte des Präputiums über die gesamte Körperoberfläche zerstreut. Sie stehen am dichtesten auf dem Scheitel, bis über 300 auf den Quadratzentimeter, am dünnsten auf dem Handrücken, 10 und mehr auf der gleichen Fläche.

Das Haar ist teils in die Haut versenkt, Haarwurzel, teils ragt es frei über deren Oberfläche hervor, Haarschaft (Fig. 282). Das untere Ende der Haarwurzel, das bei Wollhaaren in der Lederhaut steckt, bei grösseren Haaren aber bis ins Unterhautbindegewebe hineinragt, läuft in eine knopfförmige Verdickung, die Haarzwiebel aus. Dieselbe ist von unten her ausgehöhlt und in sie hinein ragt eine knospenförmige Bindegewebsmasse des Coriums, die Haarpapille.

Nach oben zu läuft der Haarschaft in eine feine Spitze aus. Der Querschnitt ist bei schlichthaarigen Rassen mehr oder weniger vollkommen kreisrund, bei kraushaarigen Rassen dagegen unregelmässig.

Das eigentliche Haar besteht ausschliesslich aus verhornten Epithelzellen, dazu kommen aber noch an der Wurzel besondere, aus Epithelzellen gebildete Scheiden, die Haarwurzelscheiden. Nach aussen bildet sich um die letzteren herum eine besondere bindegewebige Umhüllung, der Haarbalg. Wir müssen also an

dem ganzen Haar unterscheiden Haar, Haarwurzelscheiden und Haarbalg.

Das Haar besteht von innen nach aussen fortschreitend aus folgenden drei Schichten:

1. aus der Marksubstanz,
2. aus der Rindensubstanz und
3. aus dem Oberhäutchen (Fig. 287, 288).

Die Marksubstanz wird gebildet durch einen in der Achse des Haares verlaufenden Strang kubischer Zellen. Sie findet sich aber nur in dickeren Haaren und hier auch nur in der Haarwurzel. Dünne Haare und die Spitzen dicker Haare sind gewöhnlich marklos. Die Markzellen liegen meist einfach übereinander, mehr als zwei Zellen finden sich selten auf dem Querschnitt nebeneinander. Zwischen den Zellen treten in dem einen Falle mehr, im anderen weniger Luftbläschen auf.

Die Rindensubstanz bildet die Hauptmasse des Haares und setzt sich zusammen aus spindelförmigen Zellen, die einen deutlichen fibrillären Bau erkennen lassen und einen ovalen Kern enthalten. Dadurch, dass diese spindligen Zellen mit ihrer Längsachse in der Längsrichtung des Haares gelagert sind, erhält das ganze Haar ein längsstreifiges Aussehen. Die Haarfarbe rührt von einem Pigment her, das einmal diffus, in Lösung sämtliche Zellen der Rinde durchtränkt, dann aber auch in Form von feinen Körnchen in den Rindenzellen enthalten ist. In der Nähe der Papille finden sich ausserdem noch verästelte Pigmentzellen. Auch zwischen den Rindenzellen können, wie zwischen den Markzellen, in verschiedenem Grade lufthaltige Räume auftreten. Das Ergrauen der Haare beruht einmal auf der Abnahme des Pigmentgehaltes und zweitens auf der Zunahme des Luftgehaltes. Haare, welche ihr Pigment völlig verloren haben, aber nicht lufthaltig sind, sehen grau aus, kommt dazu noch eine starke Luftentwickelung im Haarmark, so wird das Haar blendend weiss.

Nach aussen wird das Haar abgeschlossen durch das Oberhäutchen, die Haarcuticula. Sie besteht aus dünnen, durchsichtigen, strukturlosen, rechteckigen Schüppchen, die sich von oben nach unten dachziegelförmig decken, so dass also die untere Partie jeder Schuppe der Rinde anliegt, während die obere Partie einen Teil der nächstfolgenden Schuppe deckt (Fig. 288). Die ganze Dicke der Cuticula wird von 4—6 Schuppen gebildet. Es bietet so die Cuticula eine konzentrische Schichtung dar, die an die Lagerung

der Zwiebelblätter erinnert (Fig. 287). Im Haarschaft und im oberen Teil der Haarwurzel sind die Zellen kernlos, unten werden sie dicker, saftiger und enthalten einen Kern.

Die Haarwurzelscheiden schliessen sich im Bereich der Wurzel nach aussen unmittelbar an das Oberhäutchen an. Wir unterscheiden eine innere und eine äussere Wurzelscheide (Fig. 282). Die innere Wurzelscheide beginnt im oberen Drittel der Haarwurzel und reicht herunter bis zur Papille. Die äussere Wurzelscheide ist eine einfache Fortsetzung der Epidermis und zeigt auch innerhalb des oberen Drittels der Haarwurzel alle Schichten derselben. Von der Einmündung der Talgdrüse an jedoch verändert sie sich so, dass ihre Zellen nur noch denen der Keimschicht entsprechen. Das Stratum granulosum überschreitet die Drüsenmündung gewöhnlich um ein kurzes Stück und verliert sich dann.

Die innere Wurzelscheide (Fig. 287 u. 288) ist im grössten Teil der Haarwurzel vorhanden und lässt drei verschiedene Schichten erkennen. Die innerste Schicht ist die Cuticula der Wurzelscheide, sie grenzt direkt an das Oberhäutchen des Haares und zeigt auch einen ganz ähnlichen Bau wie dieses, sie setzt sich nämlich zusammen aus schuppenförmigen Zellen, die in den unteren Partien kernhaltig, in den oberen kernlos sind. Nach aussen folgt auf die Scheidencuticula die Huxley'sche Schicht der inneren Wurzelscheide. Sie besteht aus ein oder zwei Lagen länglich-polygonaler Zellen, die in den tieferen Teilen der Haarwurzel einen deutlichen Kern, in den oberen Abschnitten dagegen nur Kernrudimente enthalten. Von ihrer Aussenfläche laufen zum Teil längs gestellte, leistenartige Fortsätze aus, die zwischen die Zellen der folgenden Schicht eindringen. Diese letztere, die Henle'sche Schicht der inneren Wurzelscheide besteht aus einer Lage platter, langgestreckter Zellen, welche ebenfalls in den tieferen Teilen noch kernhaltig sind. In diesen Teilen, also im Bereich der Haarzwiebel enthalten die Zellen beider Schichten Keratohyalinkörner. Dieselben treten in der Henle'schen Schicht am tiefsten auf und sind hier oft zu längs verlaufenden Fibrillen miteinander verbunden. Die Keratohyalinkörnchen verlieren sich aber in der Richtung nach oben, sobald an den Zellen der Verhornungsprozess einsetzt, womit natürlich auch der Kern schwindet. Das tritt in der Henle'schen Schicht beträchtlich früher ein, als in der Huxley'schen Schicht, so dass in letzterer auch die Kerne weiter nach oben reichen.

Die äussere Wurzelscheide (Fig. 287 u. 288) trägt ganz das Gepräge des Stratum germinativum der Haut, setzt sich also zunächst nach aussen aus zylindrischen, dann polyedrischen Zellen zusammen, die deutliche Epithelfasern enthalten und relativ weite Interzellularräume zwischen sich lassen. Ihre innerste Schicht ist durch Epithelfasern mit den Zellen der Henle'schen Schicht verbunden (Stöhr).

Auch an dem bindegewebigen Haarbalg können wir wieder drei Schichten unterscheiden. An die äussere Wurzelscheide grenzt zunächst die Glashaut, die manchmal so schwach entwickelt ist,

Fig. 289.

Senkrechter Schnitt durch die Kopfhaut eines fünfmonatlichen menschlichen Embryo. Ca. 230mal vergrössert.

dass man sie kaum erkennen kann. Sie ist strukturlos und erscheint auf ihrer Innenfläche deutlich gerippt. Nach aussen folgt eine Schicht zirkulär verlaufender Bindegewebsbündel, denen sich weiterhin längs verlaufende Bündel anschliessen, die mit elastischen Fasern vermischt sind.

Was die Entwickelung des Haares anlangt, so gehen alle seine Teile aus einer gemeinsamen Anlage hervor. Gegen Ende des dritten Embryonalmonats finden sich überall in der Haut Wucherungen der Epidermis in das Corium hinein, die zunächst eine einfache Verdickung darstellen, später aber zu langen soliden Zapfen auswachsen (Fig. 289). Jeder solcher Epidermiszapfen stellt einen Haarkeim dar. Bei seinem weiteren Tiefenwachstum verdickt sich sein Ende und wird von dem nun ebenfalls wuchernden Corium in Form der späteren Haarpapille eingestülpt. Ausserdem ver-

dichtet sich das Bindegewebe in der unmittelbaren Umgebung des Haarkeimes und umgibt ihn mit dem bindegewebigen Haarbalg. Nun beginnt innerhalb des Haarkeimes die Differenzierung. Die

Fig. 290.

Aus einem senkrechten Schnitt durch die Kopfhaut eines sechsmonatlichen menschlichen Embryo.

Ca. 150mal vergrössert.

am meisten axial gelegenen Zellen wandeln sich dann zum Haar um, die peripheren Zellen bilden die Wurzelscheiden (Fig. 290).

Das Wachstum des Haares und der inneren Wurzelscheide schreitet in der Richtung von der Papille nach der Hautoberfläche vor, während die äussere Wurzelscheide von aussen nach innen,

d. h. vom Haarbalg gegen die Haarachse wächst, deshalb müssen als Matrix der äusseren Wurzelscheide ihre periphersten Zellagen, als Matrix für die innere Wurzelscheide und das Haar dagegen diejenigen Zellen der Haarzwiebel angesehen werden, welche der Papille unmittelbar aufsitzen.

Diese *Matrixzellen* für das Haar und die innere Wurzelscheide sind einander gleichwertig, sie sind noch nicht differenziert. Je höher sie sich heraufschieben, um so mehr differenzieren sie sich und verhornen und zwar tritt die Verhornung in den einzelnen Schichten in verschiedener Höhe auf. In der Rindensubstanz und der Cuticula pili kommt es zur Verhornung ohne vorherige Keratohyalinbildung, dagegen kommen Keratohyalinkörner im Marke vereinzelt vor. In den inneren Wurzelscheiden treten sie, wie wir sahen, in allen Schichten auf. Die Verhornung schreitet hier, ebenso wie das Wachstum, von unten nach oben fort (Fig. 288).

Fig. 291.

Aus einem senkrechten Querschnitt der Kopfhaut eines erwachsenen Mannes.

In der Mitte ist ein ausfallendes Haar (Kolbenhaar) zu sehen. 43 mal vergrössert.

Der *Haarwechsel*, der beim Menschen fortwährend, beim Tier in bestimmten Intervallen erfolgt, beginnt mit einer Verhornung der Haarzwiebel. Sie trennt sich von der Papille und fasert sich besenförmig auf. Das nun abgestorbene Haar, das wir als *Kolbenhaar* (Fig. 291) bezeichnen, entfernt sich immer mehr von seiner Papille, indem die Zellen der Wurzelscheiden wuchern, die unterhalb des Kolbenhaares zu-

sammenklappen. Es bildet sich so zwischen Kolbenhaar und Papille ein verjüngter, eingeschnürter Teil des Haarbalges. Von der Papille und von dieser verjüngten Stelle wird durch sich vermehrende Epithelzellen das Ersatzhaar gebildet, welches bei seinem weiteren Wachstum allmählich das Kolbenhaar aus der Haut herausdrängt.

Fig. 292.
Nervenendigungen (längs verlaufender Terminalfasern) im menschlichen Haar mit Methylenblau dargestellt.
Ca. 1200 mal vergrössert.

In Verbindung mit dem Haarbalg tritt dann noch ein besonderer glatter Muskel auf, den wir als Arrector pili bezeichnen. Es sind dies Bündel glatter Muskelzellen, deren Punctum fixum sich im Stratum papillare des Coriums findet. Von hier aus ziehen sie in schrägem Verlauf in die Tiefe und heften sich am Haarbalg in seiner unteren Hälfte an und zwar immer an einer bestimmten Seite. Die Haare stecken nämlich nicht gerade in der Haut, senkrecht zur Oberfläche, sondern schräg zu derselben. Der Arrector durchquert nun immer in schrägem Verlauf den stumpfen Winkel, den das Haar mit der Hautoberfläche bildet. Wenn sich der Muskel kontrahiert, also verkürzt, wird er einmal das Haar gerade richten, senkrecht zur Oberfläche stellen, dann aber wird er auch die Papille etwas der Oberfläche nähern, das Haar etwas aus seinem Balg hervordrängen, während gleichzeitig die Ursprungsstelle des Muskels oberflächlich durch die Kontraktion etwas eingezogen wird. Das dadurch entstehende eigenartige Bild der Haut bezeichnen wir als Gänsehaut.

In dem spitzen Winkel zwischen Muskel und Haar liegt aber

auch die Talgdrüse des Haares. Auf sie wird der Muskel bei seiner Kontraktion drücken und ihr Sekret entleeren.

Die Blutgefässe bilden im Haarbalge dichte Kapillarschlingen, welche aber das Gebiet der Glashaut nicht überschreiten. Auch in die Papille tritt von unten her eine Kapillarschlinge ein.

In den Haaren des Menschen endigen die sensiblen Nerven auf dreierlei Art. Die einen Fasern gelangen, indem sie sich teilen und ihre Markscheide verlieren, bis zur Glashaut; hier unterliegen sie gewöhnlich noch einmal der Teilung, infolge dessen sie oft gabelförmig erscheinen. Diese Terminalfasern ordnen sich

Fig. 293.

Fig. 294.

Nervenendigung an einem gewöhnlichen Haar der weissen Maus.

Fig. 293. In der Mitte liegt das Haar. Vergoldet. Ca. 1250mal vergrössert.
Fig. 294. In der Mitte ist das Haar zu sehen. Vergoldet. Ca. 900mal vergrössert.

dann parallel zur Längsachse des Haares an (Fig. 292). Nach aussen von diesen Terminalfasern bilden andere Nervenfasern ringförmig verlaufende Geflechte. In den grösseren Haaren gelangen manche Nervenfasern bis zur äusseren Wurzelscheide, wo sie in Merkel'schen Tastkörperchen endigen. In der Haarpapille trifft man nicht selten feine Nerven, welche den sich dort findenden Blutgefässen angehören (Szymonowicz).

Bei den Säugetieren verhalten sich die Nervenendigungen in den gewöhnlichen Haaren ähnlich (Fig. 293 u. 294); dagegen sind die sog. Tasthaare der Säugetiere sehr reichlich innerviert. Sie zeichnen sich durch das Vorkommen weiter venöser Sinus in ihrem Haarbalg aus, weshalb man sie auch als Sinushaare bezeichnet. An ihnen endigen die Nerven einmal frei in baumartigen Ver-

ästelungen, die der Glashaut aufliegen (Szymonowicz). Dann aber dringen andere Fasern auch bis zur äusseren Wurzelscheide vor und enden hier mittelst Tastmenisken, die mit besonderen Tastzellen in Berührung stehen (Merkel'sche Tastkörperchen).

Die Nägel.

Der Nagel ist ein Gebilde der Epidermis. Er liegt auf dem zu dem sogenannten Nagelbett umgewandelten Corium und ist hinten und seitlich von einem von der Haut gebildeten Wall, dem Nagelwall umgeben. Zwischen Nagelbett und Nagelwall findet sich eine Rinne, der Nagelfalz. Der freie, sichtbare Teil des

Fig. 295.

Stück eines Querschnittes des dritten Fingergliedes eines 16 tägigen Kindes. 22 mal vergrössert.

Nagels wird als Nagelkörper bezeichnet im Gegensatz zu der Nagelwurzel, dem hinteren in der Haut steckenden Teil des Nagels.

Das bindegewebige Nagelbett bildet längsverlaufende Leisten, welche in der Richtung von hinten nach vorn von der Mittellinie aus divergieren und nach den Seiten zu verlaufen. Sie werden von hinten nach vorn immer höher, bis zu 0,22 mm und gehen dann in die Papillen der Lederhaut über.

Der auf dem bindegewebigen Nagelbett aufliegende Nagel besteht aus zwei Lagen, einer tiefen, weichen der Keimschicht der

Epidermis entsprechenden und einer oberflächlichen verhornten, dem Nagel im engeren Sinne (Fig. 296). Die tiefe Lage füllt die Zwischenräume zwischen den Cutisleisten aus und bedeckt ihre Firsten noch mit mehreren Zellschichten. Sie besteht aus den uns bekannten Stachelzellen und wird nach hinten zu immer mächtiger und hier als Matrix unguis bezeichnet, weil von hier aus das Wachstum

Fig. 296.

Querschnitt durch den Nagelkörper.

Ca. 280 mal vergrössert.

des Nagels erfolgt (Fig. 297). Die Matrix bildet den äusserlich sichtbaren weissen Abschnitt des Nagels, die sogenannte Lunula, die sich in einer nach vorn konvexen Linie von dem übrigen Nagel absetzt. In dieser Matrix finden wir auch im Gegensatz zu den anderen Teilen des Nagels ein wohl entwickeltes Stratum granulosum.

Der eigentliche Nagel besteht aus platten, verhornten Zellen, die noch deutliche Kernreste enthalten. Sie vereinigen sich zu mehreren zu den sogenannten Nagelblättern, welche sich gegenseitig dachziegelförmig decken. Weisslich verfärbte Stellen im Nagel rühren von der Ansammlung von Luftbläschen zwischen diesen Nagelblättern her.

Die Keimschicht des Nagels geht im Nagelfalz in die Keimschicht der Haut des Nagelwalles über und überzieht sich dabei mit einem Stratum corneum, welches als Eponychium einen

Teil der Nageloberfläche bedeckt. Unter dem vorderen Rand des Nagels geht seine Keimschicht in die Keimschicht der Fingerbeere über. Auch diese ist an der Übergangsstelle mit einer Hornschicht bedeckt, welche sich als Hyponychium auf die freie Unterfläche des Nagels überschlägt.

Das Wachstum des Nagels erfolgt von der Matrix aus, indem ihre Zellen verhornen und sich in Nagelzellen umwandeln. Da diese Umwandlung an der ganzen hinteren und seitlichen Peripherie der Nagelwurzel stattfindet, so wird der eigentliche Nagel fortwährend vorgeschoben, während die Keimschicht immer an Ort und Stelle bleibt.

Nach den Untersuchungen von Dogiel versorgen die Nerven auf folgende Weise die Cutis des Nagelbettes:

In dem Stratum papillare des Nagelbettes sind nur uneingekapselte Nervenknäuel und intrapapilläre Netze vorhanden; in der oberflächlichen und tiefen Cutisschicht des Nagelbettes sind sehr zahlreiche baumförmige Endverzweigungen, einzelne uneingekapselte Knäuel und modifizierte Vater-Pacini'sche Körperchen gelagert; in den Epithelleisten sind nur die intraepithelialen Endverzweigungen vorhanden.

Vitali findet in der Cutis des Nagelbettes auch andere Nervenendigungen der Haut.

Die Drüsen der Haut.

Die Talgdrüsen.

Die Talgdrüsen, Glandulae sebaceae sind fast über die ganze Körperoberfläche zerstreut. Da ihr Vorkommen fast immer an die Anwesenheit von Haarbälgen gebunden ist, bezeichnet man sie auch als Haarbalgdrüsen. Nur ausnahmsweise finden wir sie an unbehaarten Stellen, so an dem roten Lippenrand, in der Haut der kleinen Schamlippen, in der Eichel und der Vorhaut. Dagegen fehlen sie vollkommen in der Vola manus und der Planta pedis.

Es sind immer typische alveoläre Drüsen und zwar entweder alveoläre Einzeldrüsen oder verzweigt alveoläre Drüsen. Im grossen und ganzen bilden sie birnförmige oder kolbige Drüsenkörper von sehr verschiedener Ausdehnung, 0,2—2,2 mm lang. Im allgemeinen kann man sagen, dass die Grösse der Drüse im umgekehrten Verhältnis zur Dicke des Haares steht, dem sie angehört (Bonnet). Dünnere Wollhärchen, wie wir sie in der Haut, der

Ohrmuschel und in der Nasenhaut finden, haben die grössten Talgdrüsen. Mit der Dichtigkeit des Haarwuchses nimmt Zahl und Grösse der Talgdrüsen ab (Hofmann).

Jede Drüse ist umgeben von einer bindegewebigen Hülle, welche vom Haarbalg oder der Lederhaut abstammt (Fig. 298). Die Drüsenzellen stellen nichts anderes als gewuchertes Epithel der äusseren Wurzelscheide resp. gewucherte Epidermis dar, da wo sie nicht mit Haaren zusammen vorkommen. Im Drüsenhals haben die Zellen noch ihren unveränderten Epidermiszellencharakter, nach und nach aber verlieren sie diesen Charakter, indem sie in den zentraleren Partien gewisse Veränderungen erleiden. Nur die äusserste Zellreihe erhält sich unverändert. Die Veränderungen, welche die Zellen erleiden, treten am ausgesprochensten an den zentralsten Zellen auf und nehmen nach der Peripherie allmählich ab. Sie bestehen in einer Ansammlung von Fetttröpfchen im Zellkörper; zunächst finden sich nur wenige, dann immer mehr Fetttröpfchen, so dass dann, wenn man das Fett durch geeignete Lösungsmittel auszieht, das Zellprotoplasma von zahllosen feinen Vakuolen durchsetzt erscheint. Hand in Hand mit dieser Fettansammlung im Zellkörper gehen Veränderungen am Kern, die regressiver Natur sind. Die Kerne schrumpfen, werden zackig und gehen zugrunde. Im Zentrum der Alveole findet dann der Zerfall dieser fetterfüllten Zellen statt und Fett und Zelltrümmer

Äussere Wurzelscheide
Ausführungsgang
Haarwurzel

Fig. 298.
Talgdrüse aus der Kopfhaut des Menschen.
Ca. 120mal vergrössert.

zusammen werden als Sekret, als sog. Hauttalg ausgestossen, eine ölige, leicht erstarrende Flüssigkeit, die nach neueren Untersuchungen (Röhmann und Linser) eigentliche Fette nur in ganz verschwindender Menge enthält.

Der Ersatz der bei dieser Art von Sekretion fortwährend zugrunde gehenden Zellen wird geschaffen durch Wucherung der peripheren Zellen. So trifft man denn auch in den peripheren Zellschichten immer zahlreiche Kern- und Zellteilungen.

Die Schweissdrüsen.

Die Schweissdrüsen, Glandulae sudoriparae sind ebenfalls über die gesamte Körperoberfläche zerstreut. Frei von ihnen sind nur der rote Lippensaum, die Innenfläche der Vorhaut und die Eichel. Ihre Zahl ist an den verschiedenen Körperstellen sehr verschieden, sehr dicht stehen sie z. B. in der Vola manus, hier kommen über 1000 auf den Quadratzentimeter.

Es sind meist einfache lang gestreckte Schläuche, deren unteres Ende sich vielfach aufwindet und knäuelt. Daher bezeichnet man sie auch als Knäueldrüsen (Fig. 283). Nur an gewissen Stellen, wie in der Zirkumanalhaut und in der Haut der Achselhöhle finden sich auch verzweigte Schweissdrüsen.

Wir können an jeder Drüse einen unteren sezernierenden, aufgeknäuelten Abschnitt und einen oberen gestreckt verlaufenden ausführenden Abschnitt unterscheiden. Der Knäuel liegt an der Grenze zwischen Corium und Unterhautbindegewebe oder er erstreckt sich mehr oder weniger tief in letzteres hinein. Hier hat der Tubulus einen grösseren Durchmesser und auch ein weiteres Lumen als im ausführenden Abschnitt.

Auch am Ausführungsgang lassen sich wieder zwei Abschnitte unterscheiden, im tieferen Abschnitt durchsetzt der Kanal in leichter Schlängelung die Lederhaut und gelangt schliesslich zwischen zwei Coriumpapillen an den Grund eines der in die Tiefe zwischen die Papillen ragenden Epidermiszapfen. Damit tritt er dann in seinen zweiten Abschnitt ein, in dem er zum Unterschied vom ersten Abschnitt keine eigene Wand besitzt, sondern als spiraliges Rohr zwischen den Epidermiszellen in die Höhe steigt. Seine rundliche Öffnung an der Oberfläche des Stratum corneum wird als Schweisspore bezeichnet.

Im sezernierenden, geknäuelten Abschnitt (Fig. 299) besteht die Wand des Tubulus zunächst nach innen aus einer einfachen

Lage kubischer Zellen mit feinkörnigem Protoplasma, welches häufig kleine Fettröpfchen und Körnchen braunen Pigmentes umschliesst. Die Körnelung ist in der tätigen Drüse ausgesprochener, als in der ruhenden. Zwischen den Zellen und auch innerhalb der Zellen finden sich Sekretkapillaren. Auch ein stabförmiger Zentralkörper ist von Zimmermann in der Schweissdrüsenzelle nachgewiesen

Fig. 299.

Einige Schweissdrüsenschläuche aus der Haut der Fingerbeere des Menschen.

Ca. 350 mal vergrössert.

worden. Die freie Fläche der Zellen trägt einen schmalen Cuticularsaum. Nach aussen folgt auf diese kubischen Zellen eine Lage spindelförmiger glatter Muskelzellen, welche in langgezogenen Spiraltouren den Tubulus bekleiden. Aussen wird der Tubulus abgeschlossen durch eine strukturlose Basalmembran, der noch eine dünne Bindegewebsschicht als Membrana propria folgt.

In dem in der Lederhaut verlaufenden ersten Abschnitt des Ausführungsganges tritt an Stelle der glatten Muskelzellen

eine Lage niederer Epithelzellen (sog. epitheloide Zellen), so dass wir also hier ein zweischichtiges Epithel haben, dem nach aussen Basalmembran und Membrana propria anliegen. In seinem zweiten Abschnitt, kurz nach seinem Eintritt in die Epidermis, verlieren sich dagegen die Epithelzellen vollkommen, so dass nun der Ausführungsgang wandlos wird. Sein Lumen wird jetzt begrenzt von den Epidermiszellen, die sich um das Lumen konzentrisch aneinander legen. Das Stratum granulosum begleitet gewöhnlich den Gang ein Stückchen weit nach unten in die Keimschicht hinein.

Die Schweissdrüsen sind reichlich mit Nerven versorgt. Marklose Fasern bilden ein dichtes Flechtwerk auf der Membrana propria, von dem aus feine Fädchen durch die Basalmembran in den Tubulus selbst eindringen und zwischen den Epithelzellen mit feinen Knöpfchen enden.

Gefässe und Nerven der Haut.

Die aus den tieferen Partien der Haut zur Oberfläche aufsteigenden Arterien anastomosieren vielfach miteinander und bilden so ein in den tieferen Schichten der Lederhaut gelegenes Gefässnetz, das kutane Netz, das sich parallel zur Oberfläche ausbreitet (Taf. III). Von ihm aus zweigen sich einmal Äste rückwärts ab, die um die Fettläppchen des Unterhautbindegewebes ein ausserordentlich dichtes Netz bilden und die Schweissdrüsenknäuel umspinnen. Andere Ästchen wenden sich nach der Oberfläche und bilden an der unteren Grenze des Stratum papillare ein zweites Netz, das subpapilläre Netz. Von ihm zweigen die präkapillaren Arterien ab, die in die Coriumpapillen eindringen und hier in Kapillarschlingen zerfallen. Die austretenden Venen verlaufen meist ähnlich wie die Arterien und bilden vier parallel zur Oberfläche entwickelte Netze. Das oberflächlichste liegt am Grunde der Papillen, das zweite entspricht ungefähr dem subpapillären Netz der Arterien, das dritte liegt in der Mitte des Coriums und das tiefste schliesslich an der Grenze zwischen Corium und Unterhautbindegewebe.

Die Lymphgefässe bilden ein feineres und ein dichteres Flächennetz im Stratum papillare. Von ihm zweigen sich nach oben Schlingen in die Papillen ab, nach unten treten dickere Gefässe aus ihm hervor und bilden ein zweites gröberes Netz im Unterhautbindegewebe.

Mit Nerven ist die Haut an vielen Stellen ausserordentlich reich versorgt z. B. in der Vola manus, Planta pedis, äusseren Genitalien etc. Hier besitzt sie auch besondere Nervenendigungen, die sie zum Tastorgan stempeln. In der Epidermis finden wir freie intraepitheliale Nervenendigungen und Merkel'sche Tastkörper, in den Papillen Meissner'sche Tastkörper und Endkolben, im subkutanen Gewebe schliesslich Vater-Pacini'sche, Ruffini'sche und andere Endkörper (siehe Nervenendigungen).

Die Milchdrüse.

Die Milchdrüse, Mamma, ist eine Hautdrüse, welche bei beiden Geschlechtern in gleicher Weise angelegt wird und bis zum Beginn der Geschlechtsreife sich auch in gleichem Masse entwickelt. Ihre epitheliale Anlage lässt sich schon in früher Embryonalzeit in Form einer Epidermisleiste, der Milchleiste, nachweisen. Nach Eintritt der Pubertät entwickelt sie sich beim Weibe weiter, während sie beim Manne einer langsamen Rückbildung unterliegt.

Den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreicht die Mamma beim weiblichen Geschlecht am Ende der Schwangerschaft und beginnt auch bald nach der Geburt zu funktionieren, sie tritt in das Stadium der Laktation ein. Diese Laktationsperiode währt bei Tieren im allgemeinen so lange, bis das Junge seiner natürlichen Nahrung, der Milch, nicht mehr bedarf; so produziert z. B. bei Hund und Katze die Milchdrüse nur 4—6 Wochen lang Milch, dann erlischt die Sekretion. Durch rationelle Züchtung ist es aber gelungen, bei unseren Haustieren Rinderrassen zu erzielen, bei denen die Milchsekretion beim gutgenährten und vollkräftigen Tier überhaupt nicht ganz erlischt. Beim Menschen erlischt die Sekretion gewöhnlich nach 7—9 Monaten, kann aber unter Umständen auch jahrelang im Gang bleiben. Mit jeder neuen Geburt setzt auch immer eine neue Laktationsperiode ein. Es ist somit die Milchdrüsentätigkeit im hohen Grade vom Geschlechtsleben abhängig.

Vor der Pubertät besteht das Organ bei beiden Geschlechtern vorwiegend aus Bindegewebe. In letzteres finden sich verzweigte Kanälchen eingebettet, die den Ausführungsgängen der vollentwickelten Drüse entsprechen. Auf diesem Stadium beharrt die Mamma beim Manne oder bildet sich weiter zurück. Beim geschlechtsreifen Mädchen entwickeln sich am Ende dieser Ausführgänge bauchige Alveolen, die Endstücke, so dass die Mamma nun eine zu-

sammengesetzt alveoläre Drüse darstellt. Dazu tritt noch eine weitgehende Fettablagerung im Bindegewebe, welche das hauptsächlichste formgebende Moment der erwachsenen Mamma bildet. Am Ende der Schwangerschaft aber kommt es zu einer hochgradigen Entwickelung sowohl neuer Endstücke, als auch neuer Kanälchen, die von den vorhandenen sich abzweigen.

Die funktionierende Milchdrüse besteht aus 15—20 kegelförmigen Lappen, Lobi, die so gelagert sind, dass sie mit ihren Spitzen sich in der Brustwarze vereinigen. Jeder Lobus besteht wieder aus zahlreichen kleineren Läppchen, Lobuli, welche sich zusammensetzen aus einer grösseren Anzahl von Endstücken. Die letzteren sitzen als alveoläre Ausbuchtungen am Ende eines jeden der kleineren Ausführungsgänge, welche mit ihren Nachbarn zu grösseren Ausführgängen zusammenfliessen. Sämtliche Ausführgänge eines Lobus vereinigen sich zu einem Milchgang, der kurz bevor er auf der Brustwarze mündet eine kleine Erweiterung, das Milchsäckchen, Sinus lactiferus aufweist. Es finden sich auf der Brustwarze so viel Pori lactiferi, Mündungen der Milchgänge als Lobi vorhanden sind, so dass also eigentlich jeder Lobus eine zusammengesetzte alveoläre Drüse für sich ist. Die einzelnen Lobi werden durch ein ausserordentlich fettreiches Bindegewebe miteinander vereinigt.

Ausserhalb der Laktationsperiode sind die Alveolen der Milchdrüse klein und ausgekleidet mit einem einschichtigen niedrigen kubischen Epithel. Tritt Schwangerschaft ein, so kommt es in der zweiten Hälfte derselben allmählich zu einer Vergrösserung der Alveolen, die Zellen werden hoch kubisch und erscheinen mit zahlreichen feinen Körnchen und Fettröpfchen durchsetzt. Die Drüse tritt in das Stadium der Colostrumbildung ein. Das Colostrum ist eine gelbliche, eiweissreiche Flüssigkeit, die sich von der Milch durch sein höheres spezifisches Gewicht und seinen höheren Eiweissgehalt, vor allem aber durch den Gehalt an Colostrumkörperchen auszeichnet. Wir müssen dieselben als fettbeladene Leukozyten auffassen, welche durch das Epithel hindurch in das Lumen der Alveolen austreten. Dafür spricht das Vorkommen von zahllosen Leukozyten während dieser Periode in der nächsten Umgebung der Alveolen. Direkt beobachtet worden ist das Durchwandern allerdings wohl noch nicht.

Nach der Geburt werden die Epithelzellen nun beträchtlich höher, sie wachsen zu langen Zylinderzellen aus, deren Ende oft mit kolbiger Verdickung ins Lumen der Alveole hineinragt. Der ganze Zellkörper ist durchsetzt von Fettröpfchen, die beson-

ders im inneren kolbigen Teil der Zelle zu dicken Tropfen zusammenfliessen. Es kann auch vorkommen, dass die ganze Zelle zu einer einzigen Fettmasse wird, doch gehört das zu den Ausnahmefällen (Fig. 301).

Fig. 301.

Stück eines Querschnittes der Milchdrüse eines Meerschweinchens während der Milchabsonderung.

Ca. 500mal vergrössert.

Man hat früher, gestützt vor allem auf die Arbeiten von Heidenhain und Partsch angenommen, dass nun der innere mit grossen Fettropfen gefüllte Teil des Zelleibes direkt ins Lumen abgestossen würde, so dass also bei der Sekretion der innere Abschnitt des Zelleibes zugrunde ginge und dann vom äusseren, kernhaltigen Abschnitt her wieder regeneriert würde. Heute können wir sagen, dass das jedenfalls Ausnahmefälle sind und dass in der Regel nur die Fettropfen einfach vom Protoplasma ausgestossen werden, ohne dass es zu einem Zerfall des letzteren käme (Langer, Benda, Unger). Auch an den Zellkernen zeigen sich charakteristische Merkmale, die auf eine beträchtliche Vermehrung ihres

Chromatins hinauslaufen (Szabô). Zum Untergang von Kernen kommt es aber immer nur in relativ wenigen Fällen.

Nach der Ausstossung ihres fettigen Inhaltes sinkt die Zelle zusammen und wird beträchtlich niedriger. Man sieht diese niedrigen Zellen allenthalben zwischen den keulenförmigen fettgefüllten Zellen. Oft ist eine Alveole ausschliesslich mit letzteren ausgekleidet, während die benachbarte nur niedere Zellen enthält.

Das durch diesen Prozess gelieferte Sekret, die Milch ist eine alkalische Flüssigkeit, welche 1—2% Eiweiss, 3—4% Fett, 5% Zucker und 0,6 ‰ Lezithin enthält. Die Kuhmilch unterscheidet sich von der Frauenmilch im wesentlichen durch höheren Eiweiss- und geringeren Zuckergehalt. Die Milch stellt eine Emulsion sehr kleiner Fetttröpfchen dar, deren Durchmesser zwischen 1 und 5 μ schwankt. Jedes Fetttröpfchen ist mit einer Eiweiss- (Kasein-) membran umgeben, welche das Zusammenfliessen der einzelnen Tröpfchen verhindert.

Die Alveolen werden äusserlich umgeben von einer strukturlosen Membrana propria, der nach innen zu verästelte, anastomosierende, sogenannte Korbzellen aufliegen. Das interstitielle Bindegewebe erfährt mit der beginnenden Laktation eine deutliche Abnahme, so dass es zwischen den sekretgefüllten Alveolen kaum zu erkennen ist. Es enthält nur wenige Leukozyten und eosinophile Zellen. Nach der Laktation tritt mit Rückbildung des Drüsengewebes auch das interstitielle Gewebe wieder bedeutend stärker in die Erscheinung.

Die Ausführungsgänge sind mit Zylinderzellen in einfacher Schicht ausgekleidet. In den Milchgängen findet sich das gleiche Epithel, welches erst jenseits des Milchsäckchens einem geschichteten Plattenepithel Platz macht. Zwischen dem Epithel und der Membr. propria, die sich von den Alveolen auch auf die Ausführungsgänge fortsetzt, liegt eine Schicht platter Zellen, die als eine Fortsetzung der Korbzellen des Alveolus anzusehen sind. Nach aussen liegt der Membr. propria eine Schicht zirkulär verlaufender Bindegewebsbündel untermischt mit elastischen Fasern an.

Die Haut der Brustwarze und des Warzenhofes ist stark pigmentiert, die Lederhaut bildet hohe Papillen und enthält im Stratum papillare, zahlreiche glatte Muskelfasern, welche sich zum Teil ringförmig um die Pori lactiferi herum anordnen, zum Teil dagegen längs der Brustwarze verlaufen. In der Haut des Warzenhofes finden sich zahlreiche starke Schweissdrüsen und ausserdem ca. 12 grosse Talgdrüsen, die sog. Montgomery'schen

Drüsen, die während der Schwangerschaft ebenso, wie die Milchdrüse eine Vergrösserung erfahren.

Die Blutgefässe bilden ein dichtes Kapillarnetz um die Alveolen und Ausführungsgänge herum. Lymphgefässe finden sich in Form kapillärer Spalten zwischen den Alveolen, ausserdem finden sich hier auch Lymphgefässnetze, ebenso wie in der Haut der Brustwarze und des Warzenhofes.

Die Nerven sind teils Gefässnerven, teils Drüsennerven, teils sensible Nerven. Die Drüsennerven verhalten sich ganz ähnlich wie die Nerven der Speicheldrüsen. Sie umspinnen die Alveolen und enden zwischen und an deren Epithelzellen. Sensible Nervenendigungen finden sich in der Haut der Brustwarze, aber auch in der Umgebung der grösseren Milchgänge und enden im ersten Falle in Form der Meissner'schen und Pacini'schen Körperchen und im zweiten mit Krause'schen Endkolben.

Was die morphologische Auffassung der Milchdrüse und ihre Stellung zu den übrigen Hautdrüsen anlangt, so wird sie von den einen und zwar den meisten Autoren als eine kolossal entwickelte Talgdrüse aufgefasst, andere dagegen sehen in ihr eine vergrösserte Schweissdrüse.

2. Das Sehorgan.

Den Hauptbestandteil des Sehorgans bildet der in der knöchernen Orbita gelegene Augapfel, Bulbus oculi, er enthält die lichtperzipierenden Elemente und steht durch den Sehnerven, Nervus opticus, in Verbindung mit dem Prosencephalon. Zu diesem Hauptteil kommen dann noch eine Anzahl akzessorischer Gebilde, die teils zur Bewegung, teils in engerem oder weiterem Sinne zum Schutze des Augapfels bestimmt sind. Dem ersteren Zwecke dienen die sechs Augenmuskeln, mit denen wir uns hier weiter nicht befassen werden; als Schutzorgane des Augapfels wären zu betrachten die Lider, die Conjunctiva und der Tränenapparat.

Der Augapfel.

Der Augapfel stellt eine Hohlkugel dar, an welcher wir einen vorderen und einen hinteren Abschnitt unterscheiden können; der letztere ist beträchtlich grösser, als der erstere. Der Augapfel hat annähernd die Form einer Kugel, welcher vorne ein kalottenförmiges Segment fortgeschnitten ist. An Stelle dieses Segments

tritt der vordere Abschnitt, der wie ein stärker gewölbtes Uhrglas den hinteren Abschnitt nach vorne zu abschliesst. Man kann sich also den Bulbus durch Vereinigung von zwei Hohlkugelsegmenten entstanden denken, einem hinteren grösseren mit grösserem Krümmungsradius, einem vorderen kleineren mit kleinerem Krümmungsradius.

An dem Augapfel müssen wir unterscheiden die Wand und den von ihr umschlossenen Inhalt. Die Wand des Augapfels setzt sich aus drei Häuten zusammen:

1. Tunica externa seu fibrosa. Sie bildet die äusserste Haut des Bulbus. Im hinteren Abschnitt ist sie derb, undurchsichtig, im vorderen Abschnitt, dessen Wand sie ausschliesslich bildet, ist sie durchsichtig. Die erstere bezeichnen wir als Lederhaut oder Sclera, die letztere als Hornhaut oder Cornea.

2. Tunica media seu vasculosa. Sie liegt im hinteren Bulbusabschnitt überall der Lederhaut eng an und wird hier als Chorioidea bezeichnet. Nach vorne zu erleidet sie eine beträchtliche Verdickung durch Einlagerung muskulöser Elemente und bildet das die vordere Zirkumferenz des hinteren Bulbusabschnittes umkreisende Corpus ciliare. Von letzterem schiebt sich dann zwischen vorderen und hinteren Bulbusabschnitt ein die Iris, eine scheibenförmige Blende mit zentraler Öffnung, welche die durch den vorderen in den hinteren Bulbusabschnitt eintretenden Lichtstrahlen zum Teil abzublenden vermag. Ferner ragen noch vom Corpus ciliare in das Innere des Bulbus hinein eine Anzahl meridional verlaufender, von hinten nach vorn allmählich höher werdender dann wieder verstreichender Falten, die Processus ciliares.

3. Tunica interna seu Retina. Sie ist die innerste der Bulbusschichten und lagert sich überall dicht auf die Chorioidea auf. In den hinteren Bulbusabschnitten am stärksten entwickelt verdünnt sie sich nach vorne zu allmählich und wird dann plötzlich zu einer dünnen Epithelschicht, welche die Innenfläche des Corpus ciliare und der Ziliarfortsätze und schliesslich die Hinterfläche der Iris bekleidet. Ihr Ende findet sie am Pupillarrand.

Den Inhalt des Augapfels bildet im hinteren Abschnitt der Glaskörper, das Corpus vitreum, eine gallertartige Masse, im vorderen Abschnitt das Kammerwasser, Humor aqueus, eine schwach eiweiss- und salzhaltige Flüssigkeit. Das Corpus vitreum ist eine Gallertkugel, welche da, wo sie sich der hinteren Fläche der Iris nähert, eine linsenförmige Vertiefung, Fossa patellaris, zeigt, in welcher die Kristallinse, Lens cry-

stallina gelegen ist. Die zentralen Partien der Linsenvorderfläche sehen durch die Pupille hindurch in den vorderen Augenabschnitt, die peripheren Partien werden durch die Iris bedeckt.

Den Hohlraum des vorderen Bulbusabschnittes, der von der Hinterfläche der Cornea, der Vorderfläche der Iris und den zentralen Partien der Linse begrenzt wird, bezeichnen wir als vordere Kammer, Camera anterior. Mit ihr steht in offener Verbindung die hintere Kammer, Camera posterior, ein im Meridionalschnitt ungefähr dreieckiger Raum, der begrenzt wird von der hinteren Irisfläche, den peripheren Partien der vorderen Linsenfläche und der vorderen Fläche des Ziliarkörpers und der Ziliarfortsätze.

Tunica externa.

An der Tunica externa kann man, wie wir früher gesehen haben, zwei morphologisch und physikalisch wesentlich voneinander verschiedene Teile unterscheiden. Der bei weitem grössere, ungefähr drei Viertel der Bulbusoberfläche ausmachende hintere Teil wird gebildet durch die undurchsichtige Sclera; sie geht vorne im Scleralfalz über in den durchsichtigen vorderen Teil, die Cornea. Beide zeigen, ungeachtet gewisser grundlegender Übereinstimmungen im Bauplan doch so grosse Strukturunterschiede, dass sie gesondert besprochen werden sollen.

Die Sclera.

Die Sclera ist eine ausserordentlich feste, derbe, bindegewebige Haut, welcher der Augapfel im wesentlichen seinen Halt verdankt. Nach vorne zu geht sie im Scleralfalz kontinuierlich in die Cornea über, hinten geht sie an der Eintrittsstelle des Sehnerven in die Duralscheide des letzteren über, so dass man sagen kann, der Sehnerv tritt durch ein Loch der Sclera in den Bulbus ein.

Die Farbe der Sclera schwankt zwischen einem bläulichen Weiss bei Kindern und einem gelblichen Weiss bei alten Personen, einem Grau-weiss bei Erwachsenen. Ihre Dicke ist am beträchtlichsten in der Umgebung des Sehnerven, 1,2 mm, nach vorn zu wird sie allmählich dünner, um im Äquator auf 0,3 mm zu fallen. Noch weiter nach vorne verursachen dann die in sie einstrahlenden Sehnen der Augenmuskeln wieder eine Verdickung bis auf 0,6 mm.

Die Hauptmasse der Sclera wird gebildet von starken Bindegewebsbündeln, die in vielen Schichten übereinander liegen und sich vielfach überkreuzen. In bezug auf die Richtung, welche diese

Bündel nehmen, kann man einmal solche von meridionalem und dann solche von äquatorialem Verlaufe unterscheiden. Die ersteren bilden die überwiegende Mehrzahl. Daneben kommen auch noch Bündel vor, die die Sclera schief durchsetzen.

Ausser den Bindegewebsbündeln finden sich auch noch feinere und gröbere elastische Fasern, welche eine ähnliche Verlaufsrichtung wie jene aufweisen. Am reichlichsten trifft man sie in den innersten Schichten.

Die die Sclera zusammensetzenden Bindegewebsbündel lassen zwischen sich ein weit verzweigtes Netz miteinander kommunizierender Spalten offen, das Saftlückensystem der Sclera. In ihm finden sich eingelagert sternförmige Zellen, deren lange Ausläufer mit denen benachbarter Zellen kommunizieren, so dass ein die ganze Sclera durchsetzendes Netzwerk protoplasmatischer Substanz entsteht. Nach innen, d. h. nach der Chorioidea zu liegen diese Zellen dichter gedrängt, die zwischen ihnen gelegenen Bindegewebsbündel sind schmächtiger und stark mit elastischen Fasern vermischt. Die Zellen zeigen in grösserem oder geringerem Grade Pigmenteinlagerungen. Es entsteht so eine die Sclera gegen die Chorioidea abschliessende pigmentierte Schicht, welche als Lamina fusca sclerae oder Lamina suprachorioidea bezeichnet wird.

Sowohl nach aussen gegen den sogenannten Tenon'schen Raum, als nach innen gegen die Chorioidea ist die Sclera abgeschlossen durch eine einschichtige Lage platter, epithelartiger Zellen, welche sich den Bindegewebsbündeln der Lamina fusca resp. denen der äussersten Schichten eng anschmiegen. Ihre Grenzen lassen sich durch Versilberung der Sclera leicht nachweisen.

Die Nerven der Sclera stammen von den Nervi ciliares, die bei ihrem Durchtritt durch die Sclera feine, markhaltige Zweige an sie abgeben. Von ihnen treten einmal trophische Fasern in direkte Verbindung mit den sternförmigen Scleralzellen, dann bilden die sensiblen ein feines, besonders in der Lamina fusca verzweigtes Netz und schliesslich endigen vasomotorische Fasern an den Gefässen der Sclera. In der Bahn der vasomotorischen Fasern sollen sich innerhalb der Sclera auch Ganglienzellen finden (Agababow).

Die Blutgefässe der Sclera stammen aus den Aa. ciliares anteriores und posteriores longae. Sie bilden ein in den äussersten Scleralschichten gelegenes Gefässnetz, das besonders im vordersten, dem Scleralfalz benachbarten Teil stark ausgebildet ist.

Die Cornea.

Die Hornhaut stellt den vorderen Teil der Tunica externa dar, der vermöge seiner Durchsichtigkeit den Lichtstrahlen den Eintritt in das Bulbusinnere ermöglicht. Ihre Substanz setzt sich aus zwei genetisch verschiedenen Anteilen zusammen. Der eine, die Hornhaut nach aussen abschliessende Teil stammt vom Ektoderm und schlägt sich als mehrschichtiges Epithel von der Conjunctiva bulbi auf die Vorderfläche der Hornhaut über. Der andere Teil ist mesodermaler Abkunft, er bildet die Hauptmasse der Hornhaut und geht nach hinten zu kontinuierlich in die Sclera über. Dieser Übergang findet für die vorderen Hornhautschichten früher statt, als für die hinteren, so dass die Hornhaut in die Sclera gleichsam eingefalzt erscheint (Scleralfalz oder Cornealfalz).

Die Dicke der Hornhaut beträgt im Scheitel 0,8 mm, im Scleralfalz dagegen 1,1 mm. Es laufen also vordere und hintere Hornhautfläche nicht genau parallel.

Wir können von vorn nach hinten vorgehend fünf verschiedene Schichten an der Hornhaut unterscheiden (Fig. 302):

1. das vordere Hornhautepithel (Hornhautepithel),
2. die Lamina elastica anterior (Bowman'sche Membran),
3. die Substantia propria corneae,
4. die Lamina elastica posterior (Descemet'sche Membran),
5. das hintere Hornhautepithel (Hornhautendothel).

Von diesen fünf Schichten stammt nur die erste vom Ektoderm ab, alle anderen sind mesodermaler Herkunft.

1. Das vordere Epithel der Hornhaut ist ein geschichtetes Epithel, das beim Menschen aus fünf verschiedenen Schichten von Zellen besteht. Bei den Säugetieren findet sich gewöhnlich eine grössere Anzahl von Zellagen, so bei Hund und Katze 7—8, beim Schaf 10, beim Pferd sogar 13. Bei Amphibien dagegen ist die Zahl der Zellschichten geringer als beim Menschen, so hat der Frosch nur 3, der Salamander nur 2 Zellagen.

Die Dicke des Epithels beträgt beim Menschen 0,05—0,1 mm, am Hornhautscheitel ist es gewöhnlich dünner, als in der Nähe des Scleralfalzes (von Ebner).

Das vordere Epithel der Hornhaut ist der Typus eines geschichteten Epithels und lässt drei verschiedene Arten von Zellen erkennen: zylindrische basale, polygonale mittlere und flache oberflächliche Zellen. Die basalen Zellen sind beim Menschen ziemlich

hoch zylindrisch, sie stehen in einfacher Reihe dicht nebeneinander. Mit breiter Basis ruhen sie auf der Lamina elastica anterior auf, ihr oberes Ende ist immer abgerundet. Während in den äusseren Abschnitten die Körper der benachbarten Zellen sich dicht aneinander schmiegen, bleiben in den basalen Teilen feine Spalten und Lücken zwischen den benachbarten Zellen. Diese Lücken werden durchsetzt von spärlichen protoplasmatischen Brücken, Plasmodesmen, welche benachbarte Zellen miteinander verbinden. Der Kern der Zylinderzellen liegt niemals im basalen Abschnitt der Zellen, sondern entweder in der Mitte oder seltener im Kopfteil der Zelle. Es entsteht so im Epithel eine basale, kernlose, protoplasmatische Zone.

Die mittleren Zellen des Hornhautepithels liegen in zwei Schichten übereinander, von denen die tiefere Schicht aus polygonalen, die oberflächlichere aus etwas mehr abgeplatteten Zellen besteht. Im Querschnitt der Cornea erscheinen die Zellen nach aussen abgerundet, nach innen schicken sie flügel- oder leistenförmige Fortsätze zwischen die Kuppen der Basalzellen. Die Zellkörper sind dicht aneinander geschlossen ohne trennende Lücken. Die Kerne sind rundlich oder oval.

Auch die Oberflächenzellen liegen in zwei Lagen übereinander, jedoch handelt es sich hier um exquisit abgeplattete Zellen, flache mit Einbuchtungen und Buckeln versehene Platten. Der ovale Kern buchtet in der oberflächlichsten Zellschicht den Zellkörper nicht selten nach innen vor. Sie schliessen so eng und streng aneinander, dass die Hornhaut nach aussen völlig glatt konturiert erscheint.

Im vorderen Hornhautepithel finden sich gar nicht selten auch beim erwachsenen Menschen Zellteilungsbilder. Sie sind hauptsächlich auf die basalen Zellen beschränkt, doch sollen sie sich vereinzelt auch in den mittleren Schichten finden. Auch Leukozyten können von den tieferen Hornhautschichten her in das vordere Epithel auswandern, man trifft sie besonders in den früher beschriebenen Spalten zwischen den Basalzellen.

2. Die Lamina elastica anterior oder Bowman'sche Membran hat mit elastischem Gewebe absolut nichts zu tun und ist schliesslich nichts anderes als eine verdichtete und schärfer abgesetzte Partie der Substantia propria. Sie findet sich beim Menschen meist in einer Dicke von 0,02 mm, doch durchaus nicht immer konstant. Beim Neugeborenen ist sie meist stärker entwickelt als beim Erwachsenen. Unter den Säugern ist sie in guter Ausbildung

nur bei den Affen zu finden. Es ist eine homogene Membran, welche sich durch Mazerationsmittel in Fasern zerlegen lässt. Nach aussen ist sie mit feineren Zacken und Zähnchen besetzt, auf welchen die basalen Zellen des vorderen Epithels mit ihrer Fussfläche aufsitzen. An der Hornhautperipherie endet die Bowman'sche Membran mit abgerundeter Kante kurz vor dem Übergang des Cornealepithels in das Conjunctivalepithel.

3. Die Substantia propria bildet die weitaus grösste Masse der Hornhaut und macht ungefähr $^9/_{10}$ des Gesamtquerschnittes aus. Es ist eine dicke bindegewebige Membran, die sich aus zahllosen Bindegewebsfasern zusammensetzt. Diese letzteren sind wieder miteinander zu Platten vereinigt, welche im wesentlichen parallel der Hornhautoberfläche verlaufen. Zwischen den Fasern finden sich grosse weitverzweigte Zellen, deren Ausläufer miteinander in Verbindung stehen und so ein die ganze Substantia propria durchsetzendes protoplasmatisches Netzwerk bilden.

Das wichtigste, die Hornhautgrundsubstanz konstituierende Element sind die Hornhautfasern, mässig dicke, rundliche oder mehr platte Bindegewebsfasern. Sie liegen sehr dicht gedrängt und vereinigen sich mit ihren Nachbarn zu Bindegewebsplatten. Über die Zahl der in der Hornhaut übereinander gelegenen Bindegewebsplatten schwanken die Angaben zwischen 60 und 600. In den mittleren und hinteren Schichten der Hornhaut verlaufen die Platten am regelmässigsten, parallel zur Oberfläche, jedoch so, dass innerhalb jeder einzelnen Platte die Fasern alle möglichen verschiedenen Richtungen einhalten. Dabei finden Übergänge der Fasern der einen Platte in die der anderen statt, so dass an diesen Stellen der lamelläre Charakter etwas verwischt wird. In den vorderen Schichten durchkreuzen sich die Fasern und Faserbündel, so dass aus den tieferen Schichten Bündel schräg nach vorn dringen und sich mit der Bowman'schen Membran verbinden (Fibrae arciformes, Rollett) und andererseits Bündel der vorderen Schichten schräg nach hinten vordrängen.

Ob die einzelnen Fasern in den Bündeln und Platten und die einzelnen Platten wieder untereinander durch eine besondere Kittsubstanz verlötet sind oder ob sie ohne Kittsubstanz nur dicht aneinander liegen ist noch zurzeit eine strittige Frage.

Zwischen den Bindegewebsfasern finden sich dann auch elastische Fasern, aber im allgemeinen sehr spärlich, nur in den hintersten Schichten treten sie beim Menschen etwas zahlreicher auf.

Einen weiteren wichtigen Bestandteil der Substantia propria bilden dann die Hornhautkörperchen (Fig. 303). Von ihnen erkennt man in unseren mit den gewöhnlichen Kern- und Protoplasmafarbstoffen gefärbten Präparaten nur die Kerne. Dieselben liegen als ovoide Körperchen, in grosser Zahl den Bindegewebsbündeln an. Vergoldet man jedoch die Präparate in geeigneter Weise, so erkennt man, dass zu jedem dieser Kerne ein Zellkörper gehört, dessen Grösse im allgemeinen von den vorderen nach den hinteren Hornhautschichten zu zunimmt. Es sind platte, flache, membran-

Saftkanälchen Hornhautzelle in der Saftlücke

Fig. 303.

Aus einem Flächenschnitte der Cornea des Ochsen.

Positives, mittelst der Vergoldung dargestelltes Bild des Kanalsystems. Ca. 450 mal vergrössert.

artige Zellen, die nach allen Seiten hin lange Ausläufer ausschicken, die grösseren Ausläufer senden wieder im rechten Winkel feinere aus. Durch Vereinigung der gröberen Ausläufer kann sich um den Kern herum eine Zone von gefenstertem, durchlöchertem Plasma ausbilden. Die Ausläufer, die beim Frosch sich als breite Platten aus der Zelloberfläche erheben, anastomosieren mit denen benachbarter Zellen, so dass ein zusammenhängendes Protoplasmanetzwerk zustande kommt, welches die ganze Dicke der Substantia propria durchdringt. Ob es sich dabei um ein wirkliches Syncytium handelt (Éloui) oder ob die Fortsätze der einzelnen Zellen nur mit einer besonderen Kittsubstanz verlötet sind (Hoyer), ist noch eine offene Frage. Zentralkörperchen sind in den Zellen durch Ballowitz nachgewiesen worden.

Die Zellen liegen zwischen den Lamellen in besonderen Lücken, Höhlen, die begrenzt werden einmal durch die Substanz jener Lamellen selbst, dann aber vielleicht auch noch durch eine besondere Zwischensubstanz, die die einzenen Lamellen miteinander verkittet. Es bildet sich so, entsprechend dem Protoplasmanetzwerk der Zellen ein System von weiteren und engeren Hohl-

Fig. 304. Fig. 305.

Aus Flächenschnitten der Cornea des Ochsen.

Negatives Silberbild, Kanalsystem ist hell.
Fig. 304 ca. 100mal vergrössert; Fig. 305 ca. 260mal vergrössert.

räumen innerhalb der Substantia propria, das wir als das Saftlückensystem der Hornhaut bezeichnen. Diese Saftlücken lassen sich leicht durch Versilberung der Hornhaut zur Ansicht bringen. Es färbt sich dann das Bindegewebe samt der Zwischensubstanz dunkelbraun, während die Saftlücken und die in ihnen gelegenen Zellen ungefärbt bleiben und es bietet so das Silberbild das Negativ zu dem Goldbild als Positiv dar (Fig. 304 u. 305.)

Nach der von Recklinghausen zuerst aufgestellten Saftlückenlehre durchziehen nun die Zellen mit ihren Fortsätzen dieses Lückensystem, aber sie füllen es nicht vollständig aus, so dass zwischen Zellprotoplasma und Lückenwand überall ein Zwischenraum bleibt, in dem die Lymphe zirkulieren kann, für die gefässlose Hornhaut eine bedeutsame Einrichtung. Diese Saftlückenlehre, die eine offene Verbindung der Lymphgefässe mit den Saftlücken annahm, hat zahlreiche Anhänger (Schweigger-Seidel, Arnold, Waldeyer u. a. m.), aber auch zahlreiche Gegner gefunden (His, Engelmann, Leber u. a. m.) und steht auch heute noch zur Diskussion. Der schwerwiegendste Gegengrund ist der, dass es bis jetzt noch niemand gelungen ist, die Lymph-

gefässe der Sclera von dem Saftlückensystem der Hornhaut aus zu injizieren.

Ausser diesen Hornhautkörperchen oder fixen Hornhautzellen trifft man nun in der Substantia propria, wie überall im Bindegewebe, auch immer zahlreiche Wanderzellen, die man in ihrer Bewegung z. B. in der Froschcornea ausserordentlich schön beobachten kann.

Im Greisenalter lagert sich in den peripheren Bezirken der Substantia propria, sowohl in den Bindegewebsbündeln als auch in den Hornhautkörperchen Fett in Form kleiner Tröpfchen ab. Es entsteht so ein die Hornhautperipherie umkreisender trüber Ring, das Gerontoxon, der Greisenbogen.

4. Die Membrana Descemeti oder Lamina elastica posterior stellt, wie die Bowmann'sche Membran, einen Teil der Substantia propria dar. Sie erscheint als meist vollkommen strukturlose Membran, die im Scheitel der Hornhaut am dünnsten ist (6—7 μ), nach der Peripherie zu allmählich bis auf 10—12 μ ansteigt. Sie ist in allen Fällen, im Gegensatz zur Bowman'schen Membran, gut entwickelt. Sie ist ausserordentlich resistent und fest, widersteht der Einwirkung von Säuren und Alkalien, wird durch kochendes Wasser nicht gelöst, aber durch Trypsin verdaut. Sie zeigt auch färberisch eine gewisse Übereinstimmung mit dem elastischen Gewebe. Durch gewisse Mazerationsmittel lässt sie sich in mehrere Lamellen aufblättern.

5. Das hintere Epithel der Hornhaut oder Hornhautendothel bildet eine Reihe niedriger, fast platter Zellen von polygonalem Grundriss. Die Zellen sind so niedrig, dass ihr Kontur von dem Kern nach der vorderen Kammer zu vorgebuckelt wird. Sie gehören zu den sog. Stachelzellen, wie wir sie im Stratum spinosum der Epidermis angetroffen haben. Ihre peripheren Protoplasmaschichten enthalten Fasern, die aus einer Zelle in die andere eindringen und dabei den die Zellen trennenden Zwischenraum durchsetzen. Ballowitz hat in diesen Zellen bei der Katze zwei Zentralkörperchen beschrieben, die von einer mächtigen Sphäre umgeben sind. Auch nadelförmige Kristalloide sollen hier im Zellkörper anzutreffen sein. Sie sollen aus dem Kammerwasser auskristallisieren und auch erforderlichenfalles wieder in Lösung übergehen, so dass die Epithelzellen in dieser Weise das Kammerwasser immer auf der gleichen Höhe des Eiweissgehaltes halten.

Die Nerven der Hornhaut entstammen den Nervi ciliares. Dieselben bilden mit ihren Cornealzweigen ein im Scleralfalz ge-

legenes Geflecht, den Plexus annularis. Von ihm dringen ca. 60 nun marklos gewordene Stämmchen in die tieferen Schichten der Substantia propria ein in Form kleiner, zierlicher, sich rasch verästelnder und verzweigender Bäumchen. Durch Anastomosierung der Zweige kommt in den tiefen Schichten der Substantia propria ein Nervenplexus zustande, der Grundplexus. Von ihm trennen sich feine Äderchen ab, durchbohren die vordere Basalmembran (Rami perforantes) und zerfallen in zahlreiche feinste Zweige, durch deren Verbindung der ausserordentlich dichte, zwischen Epithel und Bowman'scher Membran liegende, subepitheliale Plexus zustande kommt. Die aus ihm senkrecht ins Epithel tretenden Fäserchen, teilen sich meist im Epithel noch ein- oder zweimal und enden mit feinen Knöpfchen frei zwischen den Zellen, indem sie fast bis zu den äussersten Lagen derselben gelangen. Ausser diesen, für das Epithel bestimmten Fasern zweigen sich von den den Grundplexus bildenden Nervenstämmchen noch Fasern ab, die in den oberflächlichen Schichten der Substantia propria den subbasalen Plexus und tiefer zwischen den Hornhautlamellen mehrere feine Nervengeflechte bilden und im Hornhautrande teils frei, mittelst verbreiteter Enden (Endplättchen), teils mittelst Knäuel enden, wie sie auch in grosser Anzahl in der Conjunctiva zu finden sind (Dogiel). Jede Nervenfaser resp. jedes Nervenstämmchen ist in der Hornhaut von einer Lymphscheide umgeben.

Die Tunica media.

Wir wollen von der mittleren Augenhaut zunächst die hinteren Abschnitte, die Chorioidea, beschreiben und dann zur Betrachtung der vorderen Abschnitte, des Corpus ciliare mit den Processus ciliares und der Iris übergehen.

a) Die Chorioidea.

Die Chorioidea ist eine bindegewebige Haut, welche sich durch ihren Reichtum an Gefässen auszeichnet. Sie ist im allgemeinen mit der Sclera nur locker verbunden vermittelst der Lamina fusca, die auch häufig zur Chorioidea selbst gerechnet wird. Nur am Sehnerveneintritt und in der Gegend der Macula lutea ist die Verbindung zwischen Chorioidea und Sclera eine festere. Wir können in ihr drei Schichten unterscheiden, die aber nicht scharf voneinander getrennt sind, sondern allmählich ineinander übergehen (Fig. 306); es sind von aussen nach innen:

1. die Chorioidea propria, Chorioidea im engeren Sinne,
2. die Choriocapillaris und
3. die Lamina basalis.

1. Die Chorioidea propria, auch als Tunica vasculosa Halleri bezeichnet, enthält die gröberen Gefässe, die sich hier so verzweigen, dass die Stämme nach aussen, Äste und Zweige weiter nach innen liegen. Es werden also sowohl die Arterien, als auch die Venen in der Chorioidea nach innen zu immer feiner. Die

Pigmentschicht der Retina
Lamina basalis
Lamina choriocapillaris
Lamina vasculosa
Lamina suprachorioidea
Ein Teil der Sclera

Fig. 306.

Senkrechter Schnitt durch die Chorioidea und einen Teil der Sclera eines Affen. Ca. 440mal vergrössert.

Gefässe liegen innerhalb eines Bindegewebes, das sich durch seinen Reichtum an elastischen Fasern und verästelten Pigmentzellen auszeichnet. Die Bindegewebsbündel lagern sich zur Bildung zahlreicher Lamellen zusammen, die elastischen Fasern, die meist recht fein sind, bilden ausgedehnte Netze. Von den Gefässen sind die grösseren Venen, besonders die später zu besprechenden Venae vorticosae, mit besonderen bindegewebigen, mit einem zusammenhängenden Epithel ausgekleideten Lymphscheiden umgeben.

Bei vielen Tieren, z. B. den meisten unserer Haustiere, eine Ausnahme macht das Schwein, folgt auf die Chorioidea propria nach innen eine eigenartige, bis zu 0,4 mm dicke Schicht, die wir als Tapetum bezeichnen. Sie besteht entweder (Wiederkäuer, Einhufer) aus dichtgelagerten Bindegewebsfasern mit eingestreuten, platten Fibroblasten oder aus grossen, platten, polygonalen Zellen (Raubtiere), die in mehrfacher Schicht übereinanderliegen und in

ihrem Körper zahlreiche, farblose Kristalle enthalten. Da über diesem Tapetum das Retinalpigment fehlt, so bewirkt diese Kristallschicht eine starke Reflexion der in's Auge fallenden Lichtstrahlen und ist der Grund für das Augenleuchten dieser Tiere.

2. Die Choriocapillaris enthält die zu den Gefässen der Chorioidea propria gehörigen Kapillaren und ist gegen dieselbe abgegrenzt durch eine zusammenhängende Schicht von Zellen, das Stratum subcapillare (Sattler). Diese Kapillaren liegen innerhalb einer strukturlosen, homogenen Grundsubstanz und dienen zur Ernährung der äusseren, gefässlosen Schichten der Retina.

3. Die Lamina basalis ist eine nur ca. 2 μ dicke Membran, welche aus einer inneren homogenen Lage und einer äusseren, aus feinsten elastischen Netzen sich zusammensetzenden Schicht besteht (Smirnow). Diese äussere Lamelle wird auch als Stratum supracapillare bezeichnet. Die Lamina basalis grenzt an das Pigmentepithel der Netzhaut.

b) Das Corpus ciliare.

Das Corpus ciliare erstreckt sich in Form eines Ringes von der Ora serrata bis zur Wurzel der Iris und stellt auf dem Meridionalschnitt eine ungefähr dreieckige Verdickung und Fortsetzung der Chorioidea dar. Zunächst folgt von hinten nach vorn auf die Chorioidea der Orbiculus ciliaris, eine verdickte Chorioidea, die der Choriocapillaris entbehrt, dann folgt die Corona ciliaris. Sie besteht aus der Grundplatte und den sich aus ihr erhebenden Processus ciliares und erstreckt sich nach vorn bis zur Iriswurzel. Nach aussen liegt dem Orbiculus sowohl, als der Grundplatte auf der sich allmählich von hinten nach vorn verdickende Musculus ciliaris, der die Hauptmasse des Ziliarkörpers ausmacht. Mit seiner Besprechung wollen wir beginnen (Fig. 307).

Der Musc. ciliaris grenzt sich gegen die Sclera zu durch eine fast immer deutlich entwickelte Lamina fusca ab. Er besteht beim Menschen wie bei allen Säugetieren ausschliesslich aus glatten, 50—75 μ langen Muskelzellen, die in der ganzen Dicke des Ziliarkörpers einen dreifachen Verlauf zeigen. Die äussersten Zellen entspringen zwischen den Gefässen der Chorioidea propria im Anfangsgebiet des Orbiculus und ziehen parallel zur Bulbusoberfläche unter der Lamina fusca nach vorn, um an der Corneoscleralgrenze im Gebiet des Scleralwulstes sich zu inserieren. Wir bezeichnen diese Bündel als meridionale Portion oder Musc. tensor

chorioideae (Brücke). Weiter nach dem Bulbusinnern zu haben die Muskelbündel einen mehr bogigen Verlauf und zwar so, dass sie von der Gegend des Iriswinkels und der Iriswurzel, ihrer Insertionsstelle, fächerförmig ausstrahlen nach der inneren Oberfläche des Ziliarkörpers. Wir bezeichnen diesen Teil als radiäre Portion des Ziliarmuskels. Im inneren, in das Bulbusinnere etwas vorspringenden Winkel des Ziliarkörpers treffen wir dann noch auf eine Gruppe von Muskelbündeln, welche im Meridionalschnitt quergetroffen erscheinen, also im Bulbus einen zirkulären, äquatorialen Verlauf nehmen, einen Muskelring bilden; wir bezeichnen diese Portion als äquatoriale Portion oder als Müller'schen Muskel.

Die Wirkung des Ziliarmuskels besteht darin, dass bei seiner Zusammenziehung es zu einer Erschlaffung der später zu besprechenden Zonula Zinni, des Aufhängebandes der Linse kommt; während dieselbe in der Ruhe einen stetigen Zug auf die Linse ausübt und dadurch eine Abplattung der Linse verursacht, lässt dieser Zug bei Kontraktion des Ziliarmuskels nach, die Zonula erschlafft und die Linse kann wieder in ihre stärker gewölbte Ruheform zurückkehren. Den ganzen Vorgang bezeichnen wir als Akkommodation.

Die Grundplatte des Ziliarkörpers, die sich nach innen dem Ziliarmuskel anschliesst, besteht aus fibrillärem Bindegewebe mit zahlreichen Pigmentzellen, nach innen folgt die verdickte Lamina basalis der Chorioidea und dann ein zweischichtiges Epithel, die Pars ciliaris retinae, die eine Fortsetzung der inneren Augenhaut auf den Ziliarkörper darstellt.

Aus der Grundplatte erheben sich die Processus ciliares, die Ziliarfortsätze. Sie bilden, von innen gesehen, einen Kranz von ca. 70 meridional verlaufenden, dünnen, nach vorn konvergierenden Falten. Jede Falte erhebt sich in der Gegend des Orbiculus allmählich aus der Grundplatte und steigt nach vorne zu bis zu einer Höhe von 1 mm an, um dann wieder gegen die Iriswurzel abzufallen. Auf diesem Wege trägt jede Falte wieder zahlreiche sekundäre Erhebungen und erreicht eine Länge von 2—3 mm. Wahrscheinlich berühren die Firsten der in die hintere Kammer hineinragenden Ziliarfortsätze die Linsenkapsel selbst nicht, wenigstens nicht beim Menschen. Bei unseren Haustieren scheint dies jedoch allgemein der Fall zu sein. Über den Bau der Ziliarfortsätze ist wenig zu sagen. Auch sie bestehen, wie die Grundplatte, aus fibrillärem Bindegewebe mit Pigmentzellen. Nach innen wird das

Bindegewebe wieder durch eine verdickte Lamina basalis abgegrenzt, der die zweischichtige Pars ciliaris retinae als Epithel aufsitzt.

Die physiologische Bedeutung der Ziliarfortsätze besteht darin, dass von ihnen das Kammerwasser in die hintere Kammer abgesondert wird.

c) Die Iris.

Die Regenbogenhaut, Iris stellt den vordersten Abschnitt der mittleren Augenhaut dar und ist als eine direkte Fortsetzung der Grundplatte des Ziliarkörpers anzusehen. Mit der Sclera oder besser gesagt der Corneoscleralgrenze und mit den vorderen Abschnitten des Ziliarkörpers geht die Iris eine recht komplizierte Verbindung ein. In diesem sog. Iriswinkel erheben sich aus den periphersten Zonen der Irisvorderfläche zahlreiche bindegewebige Fortsätze, die gegen die Corneoscleralgrenze hinziehen, hier die Membrana Descemeti durchbrechen und dann rückwärts sich wendend zum sog. Sceralwulst gelangen. Diese Fortsätze bezeichnet man als Irisfortsätze oder in ihrer Gesamtheit auch als Lig. pectinatum iridis; sie sind bekleidet mit platten Zellen und werden nach hinten zu immer dünner, immer ärmer an kollagenen Fasern. Die Fortsätze verzweigen sich und anastomosieren miteinander und es kommt so ein Maschenwerk zustande, das den Iriswinkel, den sog. Fontana'schen Raum ausfüllt. Ein Raum, der wie wir später erörtern wollen, für die Flüssigkeitsabfuhr im Auge von grösster Bedeutung ist.

In der Iris können wir eine schmale innere, die Pupille umkreisende Pupillarzone und eine äussere drei- bis viermal so breite Ziliarzone unterscheiden. Die letztere ist in der Peripherie am dünnsten, ihre Dicke steigt allmählich bis zur Grenze gegen die Pupillarzone an, welche letztere dann wieder zum Pupillarrand langsam abfällt. Die Dicke der Iris ist natürlich in hohem Grade von der Pupillenweite abhängig.

Wir können an der Iris von vorn nach hinten folgende Schichten unterscheiden:

1. Das vordere Epithel,
2. die vordere Grenzschicht,
3. das Stroma (die Gefässchicht) der Iris,
4. die hintere Grenzschicht und
5. die Pars iridica retinae oder das hintere Epithel.

1. Das vordere Epithel ist eine direkte Fortsetzung des epithelialen Überzugs der Irisfortsätze, also indirekt eine Fortsetzung des hinteren Hornhautepithels. Ganz platte, polygonale Zellen bekleiden die Vorderfläche der Iris in kontinuierlicher Lage. Allerdings scheint dieser Überzug, besonders bei älteren Individuen und da wieder vor allem in der Tiefe der unregelmässigen Einbuchtungen, welche die Irisvorderfläche zeigt, nicht ganz kontinuierlich zu sein.

2. Die vordere Grenzschicht besteht aus dicht gelagerten verzweigten Zellen, die bei dunkler Iris Pigment enthalten können, zwischen den Zellen verläuft ein Flechtwerk feinster kollagener Fasern. Die Schicht geht ohne scharfe Grenze in das Stroma iridis über, von dem sie nur einen verdichteten Abschnitt darstellt.

3. Das Stroma iridis (die Gefässchicht) enthält als Grundlage ein sehr lockeres Bindegewebe, dessen feine Bündelchen sich in mannigfacher Weise durchkreuzen und durchflechten, dabei aber ziemlich weite Maschenräume aussparen. Nur um die zahlreichen Gefässe und Nerven herum verdichtet sich das Bindegewebe mehr. Ausserdem enthält das Stroma noch besondere Zellen, die Stromazellen (Fig. 52). Es sind das verzweigte Bindegewebszellen, deren Ausläufer mit denen benachbarter Zellen zusammenfliessen, so dass ein das ganze Stroma durchsetzendes Zellnetz sich bildet. Diese Zellen können mehr oder weniger Pigment enthalten, oder auch ganz pigmentfrei sein. Je mehr Pigment sie enthalten, um so dunkler erscheint das Auge, blaue Augen enthalten in ihren Stromazellen überhaupt kein Pigment.

Innerhalb des Irisstroma finden sich nur im Bereich der Pupillarzone der Hinterfläche näher als der Vorderfläche zirkulär verlaufende glatte Muskelzellen, die in ihrer Gesamtheit einen die Pupille umkreisenden Muskelring darstellen und als Musculus sphincter pupillae bezeichnet werden. Daneben verlaufen auch noch zerstreute, radiäre Bündel in den inneren Abschnitten des Ziliar- und den äusseren des Pupillarteils, die also den Pupillarrand nicht erreichen, man bezeichnet sie in ihrer Gesamtheit als Musc. dilatator pupillae.

4. Die hintere Grenzschicht oder Bruch'sche Membran hat im Laufe der Zeit die verschiedenste Deutung erfahren. Niemals über 2 μ dick und glashell ist sie meist als Glashaut aufgefasst worden, in neuerer Zeit jedoch neigt man mehr der Anschauung zu, dass es sich hier um eine flach ausgebreitete muskulöse Membran handelt. Sie setzt sich nach Levinsohn,

Grynfeldt u. a. aus dichtgelagerten glatten Muskelzellen mit stäbchenförmigen Kernen zusammen die Mehrzahl der Autoren (von Szily, Herzog, Stock, Zietschmann) halten diese Bruch'sche Membran zwar auch für muskulös, aber nicht für eine selbständige Bildung, sondern rechnen sie zur inneren Schicht der Pars iridica retinae. Die dieselbe zusammensetzenden Zellen sind nämlich nur in ihrem hinteren, nach dem Glaskörper sehenden und den Kern enthaltenden Abschnitt pigmentiert. Nach vorn laufen sie in einen schräg vom Zellkörper abgehenden unpigmentierten Fortsatz aus. Dadurch, dass die Fortsätze aller Zellen sich aneinanderlegen, kommt die kernlose Bruch'sche Membran zustande. Die Zellen sind kontraktil und ihre Gesamtheit dürfen wir mit Henle als die Membrana dilatatrix der Iris bezeichnen.

5. Die Pars iridica retinae, das hintere Epithel der Iris wird im Zusammenhang mit der Netzhaut besprochen werden.

Die Nerven der mittleren Augenhaut stammen ab von den Nervi ciliares longi und breves. Dieselben verlaufen ja zwischen Chorioidea und Sclera mehr oder weniger weit nach vorn. Die von ihnen fortwährend abgehenden Zweige bilden in der Chorioidea einen Plexus, der auch Ganglienzellen enthalten soll und die Zweige für die Gefässe abgibt. Alle Nerven der mittleren Augenhaut sind von Lymphscheiden umgeben.

Im Ziliarkörper bilden die Nerven ebenfalls ein dichtes, mit Ganglienzellen ausgestattetes Geflecht (Plexus gangliosus ciliaris), welches die Muskelzellen umspinnt. Seine Zweige dringen teils in die Ziliarfortsätze ein, teils enden sie im Ziliarkörper selbst. Hier finden sich einmal Nervenendigungen an den Gefässen in Form feiner Endknöpfchen. In ähnlicher Weise enden andere Zweige an den Muskelzellen. Zwischen den letzteren findet man dann noch sensible Endigungen in Form kleiner Endbäumchen oder Endgeweihe. Die letzteren sollen nach Agababow das Muskelgefühl vermitteln.

Aus demselben Plexus zweigen sich auch die Nerven der Iris ab. Sie bilden innerhalb der letzteren ein feines Geflecht, aus dem Fasern zu den Gefässen und den Muskeln hinziehen. In der Iris der Säugetiere und des Menschen scheinen in dem Plexus Ganglienzellen zu fehlen.

Die innere Augenhaut.

Die innere Augenhaut, Netzhaut, Retina besteht aus zwei Blättern, dem äusseren Blatt, welches den nicht eingestülpten,

und dem inneren Blatt, welches den eingestülpten Teil der primitiven Augenblase darstellt. Während das äussere Blatt zu einem einfachen, pigmenthaltigen Epithel wird, verdickt sich das innere Blatt in ausgiebiger Weise und besteht beim Erwachsenen aus zahlreichen Schichten kompliziert gebauter, verästelter Zellen, unter denen wir einmal besondere Stützzellen, ferner eigenartige zu perzipierenden Organen umgewandelte Zellen und schliesslich typische Nervenzellen unterscheiden können. Die ersteren durchsetzen die ganze Dicke des inneren Blattes, die zweiten bilden die äussere Schicht und ragen sogar noch zwischen die Elemente des äusseren Blattes hinein und die Nervenzellen bilden mit ihren Ausläufern die inneren Schichten und zwar den weitaus grössten Teil der Netzhaut. Die Neuriten der innersten Zellschicht sammeln sich in der Papilla nervi optici und verlassen durch sie als Sehnervenfasern die Netzhaut und das Auge um ins Gehirn einzutreten.

Die Netzhaut beginnt in der Peripherie der Papilla nervi optici mit abgeschrägtem Rand und kleidet nach vorn zu die gesamte Bulbusinnenfläche aus. Dabei verdünnt sie sich allmählich, von ca. 0,5 mm in der Augenachse auf 0,14 mm zu Beginn der Ora serrata, verliert in der letzteren ihre perzipierenden Elemente und wird zu einem, zunächst ca. 50 μ dicken zweischichtigen Epithel der mittleren Augenhaut, welches Ziliarkörper, Ziliarfortsätze und Hinterfläche der Iris überzieht. Wir können demgemäss an der Netzhaut eine Pars optica, eine Pars ciliaris und eine Pars iridica unterscheiden.

Genau in der Augenachse, also temporalwärts von der Papilla nervi optici findet sich in der Netzhaut innerhalb der ovalen, 2 mm im grössten Durchmesser haltenden Macula lutea eine seichte Grube, die Fovea centralis.

Wir wollen nun zunächst an einem Schnitt aus der Pars optica retinae uns einen Überblick über die die Netzhaut zusammensetzenden Elemente verschaffen und dann untersuchen, welche Veränderungen diese Elemente in den einzelnen Abschnitten der Bulbusinnenfläche erleiden.

Die Pars optica retinae.

Figur 309 zeigt uns einen solchen Querschnitt durch die Netzhaut des Affen, der ohne weiteres folgende Schichten erkennen lässt. Am weitesten nach aussen liegen in einfacher Schicht die Zellen des Pigmentepithels, des äusseren Blattes des durch Einstülpung entstandenen Augenbechers. Nach innen folgt die aus

mehr oder weniger langen, zylindrischen, dicht gedrängt stehenden Elementen sich aufbauende Schicht der Stäbchen und Zapfen. Sie wird nach innen abgeschlossen durch einen feinen, scharfen Kontur, die Membrana limitans externa. Nun folgt ein ziemlich breites Band dicht gedrängter Kerne die äussere Körnerschicht. An sie reiht sich eine Schicht senkrecht oder schräg zur Netzhautoberfläche verlaufenden Fasern, die Henle'sche Faserschicht, der nach innen ein schmales Band wirr durchflochtener Fäserchen anliegt, die äussere plexiforme Schicht. Nun folgt wiederum eine Kernschicht, die innere Körnerschicht, die meist wesentlich schmäler ist, als die äussere Körnerschicht und sich nach innen fortsetzt in die innere plexiforme Schicht. Die nun folgende neunte Schicht stellt in unserem Präparat eine einfache Lage grosser Ganglienzellen dar, die Ganglienzellenschicht. Die Neuriten dieser Zellen bilden eine die Ganglienzellen nach innen deckende Nervenfaserschicht und schliesslich wird die ganze Netzhaut nach innen durch eine scharfe Konturlinie, die Membrana limitans interna abgeschlossen. Welche Elemente diese 11 Schichten aufbauen soll nun näher dargelegt werden (vergl. auch Fig. 310).

1. Das Pigmentepithel setzt sich zusammen aus einer Reihe kubischer Zellen, von deren Innenfläche zahlreiche feine Ausläufer ausgehen, die sich zwischen die Elemente der Stäbchen- und Zapfenschicht einsenken. Von der mittleren Augenhaut aus gesehen bieten diese Zellen ein sehr regelmässiges Bild. Es sind gleichartige, dicht mit Pigment erfüllte, 12—18 μ im Durchmesser haltende Zellen von regelmässiger sechseckiger Gestalt. Zwischen den Zellen findet sich eine farblose Kittsubstanz. Im Meridionalschnitt erkennt man, dass das Pigment wesentlich nur den inneren Abschnitt der Zelle und die Zellausläufer erfüllt, den äusseren, etwas kuppelförmig gegen die Lamina basalis chorioideae vorspringenden Teil aber mehr oder weniger frei lässt. In diesem Teil findet sich auch der ovale, etwas abgeplattete Kern. Das Pigment, das Fuscin bildet kleine Nädelchen, Körnchen und Stäbchen, es ist eisenhaltig, unlöslich in Wasser, Alkohol und Äther, löslich in starken Säuren und Alkohol und wird durch naszierendes Chlor gebleicht.

Durch die Untersuchungen von Kühne und Ewald haben wir die interessante Tatsache kennen gelernt, dass dieses Pigment innerhalb der Zellen und ihrer Fortsätze bestimmte Ortsveränderungen auszuführen vermag. Wird das Auge kräftig belichtet, so

strömt das Pigment aus dem Zellkörper mehr und mehr in die Fortsätze, überträgt man aber das Auge ins Dunkle, so zieht sich das Pigment fast vollkommen auf den Zellkörper zurück. Beleuchtet man nur das eine Auge eines im Dunklen gehaltenen Tieres, so zeigt dennoch auch das unbelichtete Auge Lichtstellung. Zerstört man aber das Gehirn und hebt damit die nervöse Verbindung beider Bulbi auf, so zeigt dann auch der unbelichtete Bulbus Dunkelstellung, der belichtete Lichtstellung.

2. Die Stäbchen- und Zapfenschicht besteht, wie aus der Bezeichnung hervorgeht aus zweierlei Elementen, den Stäbchen und Zapfen, die in den verschiedenen Teilen der Netzhaut ein verschiedenes gegenseitiges Zahlenverhältnis zeigen. In der Peripherie der Pars optica retinae stehen zwischen je zwei Zapfen vier bis fünf Stäbchen, je mehr wir uns der Fovea centralis nähern um so näher rücken die Zapfen und in der Fovea selbst finden sich ausschliesslich Zapfen.

Die Stäbchen stellen ca. 60 μ lange und nur ca. 2—3 μ breite Fäden dar, die einen etwas schmäleren äusseren Abschnitt, Aussenglied, und einen etwas breiteren, inneren Abschnitt, Innenglied, erkennen lassen. Mit dem Ende des Innengliedes sitzt das Stäbchen der Limitans externa auf; an dem Übergang vom Innenglied ins Aussenglied liegt im ersteren ein beim Menschen nicht immer deutlich wahrnehmbarer elliptischer Körper, das Stäbchenellipsoid. Das Aussenglied ist im frischen Zustand stärker lichtbrechend, als das Innenglied, im fixierten Präparat färbt sich ersteres schwächer als letzteres. Durch Mazeration in dünner Kochsalzlösung oder in Glaskörperflüssigkeit zerfällt das Aussenglied in lauter dünne Plättchen, wie eine Geldrolle in ihre einzelnen Stücke. Nach Kühne müssen wir an jedem Stäbchen eine Hülle aus Neurokeratin und einen myeloiden Inhalt unterscheiden. Neuere Untersuchungen (Bielschowsky und Pollak, Schneider, Hesse, Held) haben ergeben, dass die Peripherie des Stäbchens von feinen Fibrillen durchzogen wird, die sich spiralig um einen Kern winden. Dieser letztere zerfällt bei der Mazeration in Plättchen.

Das Aussenglied der Stäbchen ist während des Lebens von einem roten Farbstoff durchtränkt, dem von Boll entdeckten Sehrot, Sehpurpur, Rhodopsin. Das Sehrot besitzt die Eigenschaft, dass es vom Licht gebleicht wird. Öffnet man das Auge eines im dunklen gehaltenen Tieres, so erscheint die Netzhaut lebhaft rot. Unter dem Einfluss des Lichtes bleicht sie schnell,

um ins Dunkle gebracht wieder rot zu werden. Diese Regeneration findet aber nicht mehr statt, wenn das Pigmentepithel von der Netzhaut entfernt ist. Das beste Lösungsmittel für das Sehrot bilden Lösungen von kristallisierter Galle; aus solchen Lösungen hat auch Kühne das Sehrot als rotviolette, leicht zerstörbare Substanz dargestellt. Das Sehrot findet sich nicht in der Netzhaut aller Wirbeltiere, es ist für die Lichtperzeption jedenfalls nicht von ausschlaggebender Bedeutung.

Der Zapfen ist nur ca. halb so lang als das Stäbchen, dafür aber auch, wenigstens in seinem Innenglied, doppelt so stark. Das letztere stellt einen kurzen, dicken, nach aussen zugespitzten Zapfen dar, der mit seiner Basis der Limitans externa aufsitzt und in seinem peripheren Abschnitt ein grosses deutliches Ellipsoid enthält. Den inneren Abschnitt bezeichnet man auch als das Myoid. Das Aussenglied ist nur kurz, es sitzt als kurzer, stumpfspitzig auslaufender Fortsatz dem verschmälerten äusseren Ende des Innengliedes auf. Innen- und Aussenglied zeigen dieselben Differenzen, wie beim Stäbchen, auch sie besitzen in ihrer Peripherie deutliche Fibrillensysteme.

Ein wichtiger Unterschied zwischen Stäbchen und Zapfen besteht darin, dass das Aussenglied der letzteren keinen Sehpurpur enthält, dagegen birgt es bei vielen Fischen, Reptilien, Vögeln und auch den Beuteltieren in seinem Inneren gefärbte Tropfen einer fettartigen Substanz. Die Tropfen zeigen alle Farbennuancen von gelb, orange, rot, grün und blau. Nach Kühne handelt es sich um drei, zum Unterschied von dem Sehpurpur lichtbeständige Farbstoffe, Chlorophan, Rhodophan und Xantophan.

Durch die Untersuchung der neueren Zeit (van Genderen Stort, Engelmann, Herzog, Dittler u. a.) wissen wir, dass die Zapfen kontraktile Elemente darstellen und zwar verkürzen sich die Zapfen bei starker Belichtung, während das Pigment der Pigmentzellenfortsätze zwischen ihnen vorrückt.

Stäbchen und Zapfen stellen aber nur das periphere Ende einer Zelle dar. An guten Isolationspräparaten erkennt man nämlich, noch besser an durch besondere Versilberungsmethoden erhaltenen Schnittpräparaten, dass jedes Stäbchen und jeder Zapfen sich jenseits der Limitans externa fortsetzt in einen kernhaltigen Zellkörper, den wir als Stäbchen- und Zapfenfaser bezeichnen. Die ganze Zelle, die dadurch gebildet wird, ist die Stäbchen- resp. Zapfensehzelle. Die Stäbchensehzelle hat als peripherisches Endstück das Stäbchen, es geht jenseits der Limitans

externa über in die dünne, fadenförmige Stäbchenfaser, die sich innerhalb der äusseren Körnerschicht ausbaucht (Stäbchenkorn) und in ihrem Inneren einen ovalen Kern enthält. Jenseits der Kernstelle verdünnt sich die Faser wieder sehr stark und endet mit einem kleinen Körnchen innerhalb der äusseren plexiformen Schicht. Die Kerne der Stäbchensehzellen liegen in verschiedenen Höhen der äusseren Körnerschicht und zeichnen sich bei manchen Säugetieren durch einen eigentümlichen Bau aus. Ihr Chromatin ist nämlich in mehrere, quer zur Längsachse des Kerns gestellte Platten angeordnet. Zwischen den Chromatinplatten finden sich Platten von achromatischer Substanz. Beim Menschen ist eine solche Quergliederung nur selten deutlich ausgesprochen, hier zeigt das Chromatin meist eine netzförmige Anordnung (Flemming, Dogiel, Schaper).

Die Zapfensehzelle hat als peripheres Endstück den Zapfen. Derselbe setzt sich nach innen in die Zapfenfaser fort, hier liegt aber die kernhaltige Anschwellung, das Zapfenkorn, dicht unter der Limitans externa und setzt sich gegen das Zapfeninnenglied nur durch eine kurze, halsartige Einschnürung ab, so dass alle Zapfenkörner in einer und derselben Höhe liegen und nicht wie die Stäbchenkörner durch die ganze Dicke der äusseren Körnerschicht zerstreut sind. Der Kern der Zapfensehzelle ist ebenfalls oval, aber immer grösser, als der der Stäbchensehzelle. Er zeigt niemals eine Querbänderung des Chromatins. Jenseits des Zapfenkorns verdünnt sich der Zellkörper zu einem immer noch kräftigen Fortsatz, der die äussere Körnerschicht und die Henle'sche Schicht durchsetzt und an der äusseren plexiformen Schicht mit einer fussförmigen Verbreiterung endet.

3. Über die Limitans externa soll im Zusammenhang bei der Beschreibung der Stützelemente der Netzhaut gehandelt werden.

4. Die äussere Körnerschicht setzt sich nach dem Vorausgegangenen zusammen aus den mittleren, kernhaltigen Abschnitten sämtlicher Stäbchen- und Zapfensehzellen, ausserdem gehören ihr, wie allen nun noch folgenden Netzhautschichten die sog. Müller'schen Fasern, die Stützzellen der Netzhaut, als gemeinsames Element an.

5. Die Henle'sche Faserschicht zeigt eine feine, senkrecht oder schräg zur Netzhautoberfläche laufende Streifung, die hauptsächlich von durchlaufenden Zapfenfasern herrührt. Deshalb ist auch diese Schicht da am besten entwickelt, wo sich die

meisten Zapfen finden, nämlich in der Fovea centralis, nach vorn zu wird die Schicht mit dem selteneren Auftreten der Zapfen auch immer undeutlicher.

6. In der äusseren plexiformen (retikulären) Schicht treffen die zentralen Enden der Stäbchen- und Zapfensehzellen zu-

Fig. 310.

Schema der Retina, zusammengestellt von Kallius nach den Arbeiten von Ramón y Cajal.

A = Schicht der Stäbchen und Zapfen; B = Membrana limitans externa; C = äussere Körnerschicht; D = Henle'sche Faserschicht; E = äussere plexiforme Schicht; F = innere Körnerschicht; G = innere plexiforme Schicht; H = Ganglienzellenschicht; J = Nervenfaserschicht; K = Membrana limitans interna; a = Müller'sche Stützzelle; b = Stäbchen; c = Zapfen; d = zu einem Stäbchen gehörige bipolare Zelle; e—i = zu den Zapfen gehörige bipolare Zellen; k—m = horizontale Zellen; n = zentrifugale Nervenfaser; o—t = Ganglienzellen des Opticus; $\alpha-\varepsilon$ = geschichtete Spongioblasten (Amakrinen); $\zeta-\vartheta$ = diffuse Amakrinen; η = nervöser Spongioblast. (Aus Merkel-Bonnet: Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte, Bd. II, S. 251.)

sammen mit den peripheren Enden der gleich zu beschreibenden Zellen der inneren Körnerschicht.

7. Die innere Körnerschicht enthält neben den Stützelementen drei verschiedene Sorten von Zellen, nämlich die Bipolaren, die Horizontalzellen und die amakrinen Zellen. Die Bipolaren sondern sich wieder in Stäbchenbipolaren und Zapfenbipolaren.

Die Stäbchenbipolaren besitzen einen kernhaltigen Zellkörper, der sich peripher, d. h. nach der äusseren plexiformen

Schicht zu nur wenig verjüngt und sofort in wenige Äste zerfällt, die unter mehrfacher Teilung in die äussere plexiforme Schicht eintreten. Sie bilden hier ein Büschel von Endzweigen, in welches sich die knopfförmig verdickten Enden mehrerer Stäbchenfasern einlagern. Zentralwärts geht vom Zellkörper ein ziemlich kräftiger Fortsatz ab, der die innere plexiforme Schicht durchsetzt und in mehrere starke, kurze Endzweige zerfällt, die sich mit knopfförmigen Enden dem Körper einer grossen Ganglienzelle anlagern. Die Bipolaren der Zapfen unterscheiden sich von den vorigen dadurch, dass der periphere Fortsatz etwas länger ist. Er tritt ebenfalls in die äussere plexiforme Schicht ein und zerfällt hier in ein flach horizontal sich ausbreitendes Endbüschel, das mit den Zapfenfüssen in Kontakt tritt. Die zentralen Fortsätze der Zapfenbipolaren teilen sich an ihrem Ende in mehrere kurze mit einem Endknopf versehene Äste. Die Fortsätze enden in verschiedenen Höhen der inneren plexiformen Schicht und treten mit den Dendriten der grossen Ganglienzellen in Verbindung.

Die Horizontalzellen haben ihren Namen daher, dass sich ihre Ausläufer wesentlich in einer Ebene ausbreiten. Sie bilden die oberflächlichste Zellage in der inneren Körnerschicht. Vom Zellkörper gehen peripher in die äussere plexiforme Schicht lange, dünne Ausläufer, die als Dendriten aufzufassen sind, der Neurit ist ebenfalls lang und dünn und zersplittert sich in zahlreiche Endreiserchen. Weiter nach innen zu zeigen die Horizontalzellen etwas andere Verhältnisse. Ihre Dendriten sind kräftiger, gehen in grosser Zahl vom Zellkörper nach aussen in die äussere plexiforme Schicht und enden hier zwischen den Stäbchenfasern. Der Neurit verläuft horizontal an der äusseren Grenze der inneren Körnerschicht und zerfällt schliesslich in mehrere kurze, dicke Endzweige, welche eine Gruppe von Stäbchenfaserenden zwischen sich fassen.

Die amakrinen Zellen besitzen entweder nur einen einzigen Fortsatz, der sich nach innen wendet und nach kürzerem oder längerem Verlauf innerhalb der inneren plexiformen Schicht in horizontal verlaufende Endzweige zerfällt oder aber es gehen vom Zellkörper zahlreiche Fortsätze ab, die die ganze innere plexiforme Schicht durchdringen.

8. Die innere plexiforme (retikuläre) Schicht enthält wie wir sahen, einmal die Ausbreitungen der Amakrinen, die in ihr zu mehreren Schichten übereinanderliegen, ferner enden hier, ähnliche Schichten bildend, die Neuriten der Zapfenbipolaren und

dazu kommen dann noch als wesentlichster Bestandteil die Ausbreitungen der Dendriten der grossen Ganglienzellen, zu deren Besprechung wir uns nun wenden.

9. Die Ganglienzellenschicht setzt sich zusammen aus grossen, multipolaren Ganglienzellen, welche in den mittleren Bezirken der Pars optica in einfacher Schicht nebeneinander liegen; in den peripheren Bezirken liegen sie in grösseren Zwischenräumen, in der Nähe der Fovea centralis schichten sie sich in mehreren Lagen übereinander, die Fovea selbst enthält gar keine von diesen Zellen. Der Zellkörper ist meist von unregelmässiger Form und umschliesst einen grossen bläschenförmigen Kern. Sehr deutlich sind in ihnen die uns aus dem allgemeinen Teil bekannten Tigroidschollen zu erkennen, auch Neurofibrillen, zu dicken Bündeln vereinigt, durchziehen, wie die neueren Fibrillenfärbungsmethoden zeigen, ihren Körper und treten in die Dendriten und den Neuriten ein. Vom Zellkörper gehen ein oder mehrere Dendriten aus, die sich in der inneren plexiformen Schicht verzweigen und zwar entweder diffus oder in bestimmter Höhe, so entsprechend der Verzweigung der Neuriten der Zapfenbipolaren und der Verzweigung der Ausläufer der Amakrinen mehrere Schichten bildend.

10. Die Nervenfaserschicht setzt sich aus zwei Sorten von marklosen Fasern zusammen. Einmal geht von jeder der soeben beschriebenen grossen Ganglienzellen ein Neurit ab und tritt in die Nervenfaserschicht ein. Sämtliche Neuriten strahlen, indem sie sich zu einzelnen Bündeln zusammenschliessen, zur Papilla nervi optici hin und verlassen durch sie als Nervus opticus das Auge. Daraus geht ohne weiteres hervor, dass die Nervenfaserschicht von der Peripherie der Pars optica der Retina bis zur Papille stetig an Dicke zunehmen muss. Ausser diesen zum Gehirn hinleitenden Neuriten der Ganglienzellen finden sich in der Nervenfaserschicht aber auch noch zentrifugale Fasern, welche aus dem Gehirn kommen, durch den Sehnerven in die Retina eintreten und in der inneren plexiformen oder inneren Körnerschicht in feine Endzweige zerfallen, die mit gewissen amakrinen Zellen in nähere Verbindung treten.

11. Die Limitans interna soll bei der Besprechnng der Stützelemente der Netzhaut abgehandelt werden.

Wir haben den Bau der Netzhaut hier in der Hauptsache nach den verdienstvollen Forschungen von Ramón y Cajal dargestellt, aus denen wir folgendes entnehmen können (Fig. 310). In

der Netzhaut liegen übereinander geschichtet drei Neuronen, deren peripherstes die Stäbchen- resp. Zapfensehzelle, deren mittleres die Stäbchen- resp. Zapfenbipolare und deren zentralstes die Ganglienzelle darstellt. Diese drei Neuronen sind durch Kontakt miteinander verbunden und durch sie hindurch geht der Lichtreiz, einmal durch Stäbchen oder Zapfen aufgenommen bis zum Gehirn. Dabei kommt es, wie aus unserer Schilderung hervorgeht, zu einer allmählichen Konzentration der Reize, denn es sind mehr Bipolare, als Stäbchen- und Zapfensehzellen und wiederum mehr Ganglienzellen als Bipolare vorhanden. Ausserdem werden aber auch durch die Horizontalzellen und gewisse Amakrinen Verbindungen zwischen einzelnen näheren oder entfernteren Gruppen von Stäbchen- und Zapfensehzellen hergestellt und es stellen dieselben also Assoziationssysteme dar.

Zum Schlusse soll aber auch dem Anfänger nicht verschwiegen werden, dass in neuerer Zeit schwerwiegende Bedenken, ähnlich wie wir das auch bei der Besprechung des Zentralnervensystems gesehen haben, gegen die Gültigkeit der Neuronenlehre für den Netzhautbau laut geworden sind. Neuere Methoden haben gezeigt, dass alle die beschriebenen Netzhautzellen deutliche Neurofibrillen enthalten und eine Anzahl Untersucher lassen einerseits solche Neurofibrillen durch die verschiedenen Neuronen hindurch in ununterbrochenem Verlaufe ziehen und andererseits andere in der inneren und äusseren plexiformen Schicht in ein kontinuierliches Fibrillennetzwerk, ein Fibrillengitter übergehen, womit natürlich von getrennten Neuronen keine Rede mehr wäre (Dogiel, Held, Bielschowsky und Pollak u. a. m.)

Die Stützelemente der Retina werden repräsentiert durch die sog. Müller'schen Fasern oder Radiärfasern. Es sind das lange Zylinderzellen, welche die ganze Dicke der Netzhaut von der Limitans interna bis zur Limitans externa durchsetzen. Sie erheben sich mit breitem konischen Fuss aus der Limitans interna. Der Fuss jeder Zelle lagert sich dabei dicht an den Fuss der Nachbarzelle an und ist mit demselben durch eine Kittsubstanz fest verbunden. So kommt auf der inneren Oberfläche der Netzhaut eine zusammenhängende Membran zustande, die wir eben als Limitans interna bezeichnen. Der von Haus aus schmal zylindrische Zellkörper zeigt die verschiedenartigsten Fortsatzbildungen. Es erstrecken sich von ihm zwischen die benachbarten Retinalzellen feinere und gröbere Fäden und membranartige Blätter. Noch eigenartiger wird das Bild dieser Zellen dadurch, dass fast jede

Retinalzelle ihren Körper mehr oder weniger einbuchtet, sich in ihn eingräbt. Der Kern dieser Radiärfasern liegt in der inneren Körnerschicht. Innerhalb der äusseren Körnerschicht erfahren sie durch die Körper der hier gelegenen Stäbchen- und Zapfensehzellen eine hochgradige Zerklüftung. Am äusseren Umfang der äusseren Körnerschicht schliesslich vereinigen sie sich wieder zu einer siebartigen Membran, der Limitans externa, durch deren Löcher die Stäbchen-Zapfenfasern durchtreten. Von der Limitans externa steigen noch kurze periphere Fortsätze ein Stückchen weit zwischen den Stäbchen- und Zapfeninnengliedern in die Höhe.

In der Nervenfaserschicht finden sich noch besondere Gliazellen, die mit dem Nerv. opticus ins Auge gelangen und ganz den zentralen Gliazellen gleichen.

Die Fovea centralis.

Die Fovea centralis stellt eine seichte Vertiefung in der Netzhaut dar mit stark verdünntem Boden und wallartig verdicktem Rand. Der Rand fällt ziemlich langsam, in einem Winkel von 15—20° ab. Sie liegt beim Menschen innerhalb der Macula lutea. Eine solche gelbe Stelle findet sich nur beim Menschen und manchen Affen, ebenso fehlt allen übrigen Tieren eine Fovea centralis. Sie wird dort vertreten durch die Area centralis, die aber niemals eine vertiefte, sondern meist im Gegenteil eine verdickte Netzhautpartie darstellt (Zürn).

In den peripheren Teilen der Macula lutea fällt zunächst die mächtige Ganglienzellenschicht auf, die Zellen liegen in mehreren, manchmal bis zu 8 Schichten übereinander. Die Nervenfaserschicht ist schwach entwickelt, im Neuroepithel finden sich ausserordentlich zahlreiche Zapfen. Je mehr wir uns nun der Fovea nähern, um so mehr nehmen die Nervenzellen ab und mit ihnen auch die Dicke der Nervenfaserschicht, am Rand der Fovea fliessen äussere und innere Körner zusammen, die Ganglienzellen verschwinden und wir haben auf dem Grunde der Fovea fast ausschliesslich noch Zapfensehzellen. Da aber zu jeder Zapfensehzelle hier eine Zapfenbipolare gehört, so müssen sich diese am Rande der Fovea in mehrfacher Schicht anhäufen und die Zapfenfasern müssen, um zu ihnen zu gelangen, schräg abbiegend eine ziemlich weite Strecke durchmessen. So entsteht im Gebiet der Macula lutea eine sehr stark entwickelte Henle'sche Faserschicht. Die Zapfen der Fovea zeichnen sich durch grössere Länge aus, sie nähern sich mehr der Stäbchenform.

Die Pars ciliaris retinae.

Nach der Peripherie zu verdünnt sich die Netzhaut, wie wir sahen, immer mehr. Zunächst nehmen die Ganglienzellen und mit ihnen die Nervenfaserschicht ab. Dann verschwinden die Stäbchen immer mehr und mehr und mit ihnen die äussere plexiforme und die Henle'sche Schicht, so dass jetzt die beiden Körnerschichten zusammenfliessen und es besteht nun die Retina hauptsächlich noch aus Müller'schen Fasern. Innerhalb der Ora serrata sinkt dann ihre Dicke ganz plötzlich, von 150 μ auf 50 μ und wir treten damit ins Gebiet der Pars ciliaris. Dieselbe setzt sich aus zwei Zellschichten zusammen, einer äusseren pigmentierten, welche die direkte Fortsetzung des Pigmentepithels der Pars optica darstellt und einer inneren unpigmentierten, die man als eine Fortsetzung der Stützzellen der Pars optica ansehen kann. Die Pigmentzellen sind angefüllt mit einem grobscholligen Pigment, das so dicht liegt, dass es die Zellgrenzen verwischt. Die inneren unpigmentierten Zellen sind niedriger, als die äusseren und nach innen von einer Cuticula bedeckt.

Die Pars iridica retinae.

Die Pars iridica retinae bekleidet die Hinterfläche der Iris. Auch sie ist zweischichtig, doch enthalten hier beide Zellschichten Pigment, die innere besteht aus einer Lage hoher oft kolbig verdickter und stark mit Pigment beladener Zellen. Die äussere Zellschicht ist nur zum Teil pigmentiert. Über ihr Verhältnis zur Bruch'schen Membran haben wir bei der Besprechung der Iris das nähere ausgeführt.

Der Nervus opticus und die Papilla nervi optici.

Der Nerv. opticus ist in seinem intraorbitalen Verlauf von drei bindegewebigen Scheiden umgeben, welche der Dura mater, Arachnoidea und Pia des Gehirns entsprechen und im wesentlichen auch den gleichen Bau wie jene aufweisen. Zwischen der Dural- und Arachnoidealscheide und zwischen der letzteren und der Pialscheide findet sich je ein Spaltraum der mit dem Subduralraum und dem Subarachnoidealraum des Gehirns kommuniziert. Auch die beiderseitigen Spalträume kommunizieren durch das Chiasma hindurch. Am Bulbus gehen Dural- uud Pialscheide in die Sclera über, die Arachnoidealscheide verliert sich. Die Pialscheide dringt in Form von Septen in den Nervenstamm ein und teilt ihn in

ca. 800—1200 kleine Nervenbündel ein. Jedes Bündel besteht aus markhaltigen, einer Schwann'schen Scheide entbehrenden Fasern von 0,2—10 μ Durchmesser. Zwischen den Fasern finden sich zahlreiche Gliazellen.

Am Bulbus angekommen, durchbricht der Sehnerv die Augenhäute und tritt in der Papilla nervi optici in die Netzhaut ein (Fig. 308). Dabei verjüngt sich der Sehnerv ganz beträchtlich, was darin seinen Grund hat, dass seine Fasern nach und nach ihre Markscheide verlieren. Gleichzeitig verlieren sich die im Nervenstamm längsverlaufenden Pialsepten und an ihre Stelle tritt ein System von querverlaufenden Septen, die in ihrer Gesamtheit eine siebartig durchlöcherte Bindegewebsplatte darstellen, welche wir als Lamina cribrosa bezeichnen. Es entspringen diese Bindegewebsplatten und -Balken teils von der Pialscheide, die hier in die Sclera übergeht, teils von dem Bindegewebe der Chorioidea. Sie strahlen nach innen gegen das in der Sehnervenachse die Gefässe umgebende Bindegewebe und verbinden sich mit ihm.

Die nun marklos gewordenen Nervenfasern strahlen, zu kleinen Bündeln vereint im Niveau der inneren Netzhautoberfläche angekommen, nach allen Seiten auseinander, so dass in ihrer Mitte eine mehr oder weniger flache Einsenkung entsteht, aus der die Zentralgefässe hervortreten, die Papilla nervi optici. Der Boden der Einsenkung ist normalerweise immer kleiner, als der des Trichterrandes, die Ränder können mehr oder weniger steil sein; im allgemeinen wird die Papille im Alter flacher.

Die Linse.

Die Linse, Kristallinse, Lens crystallina ist ein Gebilde ektodermaler Abkunft, sie besteht in einer gewissen Periode des Embryonallebens aus einem mit kubisch-zylindrischen Zellen ausgekleideten ovoiden Bläschen, das sich vom Ektoderm abgeschnürt hat. Die Epithelzellen verhalten sich nun beim weiteren Wachstum verschieden. Während die Zellen des vorderen Abschnittes kubisch bleiben, ja mit der Zeit noch niedriger werden, wachsen die des hinteren Abschnittes zu langen Fasern aus, den Linsenfasern, die allmählich den ganzen Hohlraum des Bläschens ausfüllen und es zu einem soliden Körper umwandeln. Im Äquator der Linse gehen diese langen Linsenfasern langsam in die niederen Zellen der ehemaligen Vorderwand über, die nun die Vorderfläche der Linse als einfaches kubisches Epithel bekleiden.

Die ausgebildete Linse setzt sich zusammen aus der *Linsenkapsel*, dem *Linsenepithel* und der aus den Linsenfasern sich aufbauenden *Linsensubstanz* (Fig. 311).

Linsenkapsel

Linsenepithel

Linsenfasern

Fig. 311.

Stück eines Meridionalschnittes durch den Linsenrand vom Affen.

Ca. 200 mal vergrössert.

Die *Linsenkapsel*, Capsula lentis bildet eine die Linse allseitig umhüllende, homogene Membran, die in der Mitte der vorderen Linsenfläche eine Dicke von 15 μ zeigt, von hier aus allmählich dünner wird, so dass sie im Äquator nur noch 10—11 μ, in der Mitte der hinteren Linsenfläche sogar nur noch 5 μ dick ist. Die Kapselsubstanz ist, wie gesagt strukturlos, lässt sich jedoch

durch geeignete Mazerationsmittel in mehrere, konzentrisch angeordnete Blätter, Lamellen zerlegen.

Chemisch und färberisch unterscheidet sie sich sowohl von dem Bindegewebe, als auch von dem elastischen Gewebe in mancher Beziehung. Sie wird durch kochendes Wasser gelöst ohne Leimbildung, ebenso löst sie sich in Säuren und wird durch Trypsin verdaut.

Das Linsenepithel bedeckt in einfacher Schicht die hintere Fläche der vorderen Abschnitte der Linsenkapsel. Die Zellen sind in der Nähe der Linsenachse niedrig kubisch von polygonaler Grundfläche, je mehr wir uns dem Äquator nähern um so höher und um so schmäler werden die Zellen. Ihr Körper erscheint leicht granuliert, er entsendet nach Leber und Barabaschew feine seitliche Fortsätze zwischen die Nachbarzellen. Der Kern ist meist ovoid, in seiner nächsten Nähe finden sich zwei kleine Zentralkörperchen. Im Zellkörper hat Ballowitz bei Tieren ähnlich, wie im hinteren Epithel der Hornhaut nadelförmige Kristalloide nachgewiesen.

Je mehr wir uns dem Äquator nähern, um so höher werden die Zellen bis sie am Äquator selbst zu langen Zylindern, den Linsenfasern auswachsen. Dabei machen sie eine ausserordentlich charakteristische Drehung durch. Während sie nämlich in der Nähe des Äquators noch mit ihrer Längsachse senkrecht auf der Linsenoberfläche stehen, neigen sie sich im Äquator immer mehr und bilden mit der Linsenoberfläche immer kleiner werdende Winkel, bis sie schliesslich, nachdem sie zu Linsenfasern geworden mit dieser Oberfläche parallel laufen. Mit der zunehmenden Neigung verändern auch die Kerne ihre Lage. Die Kernreihe entfernt sich zunächst immer mehr von der Linsenkapsel und biegt dann im spitzen Winkel ab, um ein Stück weit fast parallel mit der ursprünglichen Kernreihe zu verlaufen. Es bietet so der Meridionalschnitt an der Grenze von Epithel und Linsenfasern im Linsenäquator ein eigentümliches Bild, das man auch als Linsenwirbel bezeichnet (Fig. 311).

Die Linsenfasern, Fibrae lentis stellen lange sechsseitige Prismen dar, die aus einer ziemlich weichen Masse bestehen, deren periphere Schichten fester, konsistenter erscheinen. Je mehr wir uns dem Innern der Linse, dem Linsenkern nähern, um so fester wird die Substanz der Linsenfasern, um so kleiner und unregelmässiger ihr Querschnitt. Die Fasern erscheinen vielfach mit kleinen Vorsprüngen, Zähnchen besetzt. Die Linsenfasern sind, wie wir ge-

sehen haben, kernhaltige Zellen. Das gilt aber nur von den peripheren Fasern (Hauptfasern, Rabl), nach dem Linsenkern zu verkümmern die Kerne allmählich und lassen sich in den zentralen Fasern überhaupt nicht mehr nachweisen.

Die Linsenfasern sind sehr innig miteinander verbunden durch eine Kittsubstanz, die sich durch gewisse Mazerationsmittel leicht lösen, durch Silberbehandlung schwärzen lässt. Sie sind angeordnet zu radiär von der Linsenachse ausstrahlenden Blättern, die am deutlichsten in den peripheren Schichten, weniger deutlicher in den zentralen zu erkennen sind. Die Anordnung ist so, dass innerhalb eines jeden solchen Blattes die Fasern mit ihren annähernd parallel verlaufenden Breitseiten miteinander verkittet sind. In zwei benachbarten Blättern greifen dann die Fasern mit ihren Schmalseiten in einander. In dieser Richtung ist aber die Verbindung eine innigere, als in der radiären Richtung; daher kommt es, dass die Linse, mit gewisse Mazerationsmitteln behandelt, sich wie eine Zwiebel aufblättern lässt.

Jede Linsenfaser überschreitet in ihrem Verlauf den Linsenäquator und geht von einem Punkt der vorderen Linsenhemisphäre zu einem bestimmten Punkt der hinteren Linsenhemisphäre. Dabei verlaufen die Fasern aber nicht genau meridional, sondern zeigen, wenigstens in den peripheren Linsenpartien eine S-förmige Gestalt. In der vorderen und hinteren Hemisphäre stossen die Fasern in den sogen. Nahtlinien zusammen, die radienförmig von der Linsenachse in Form eines Sternes ausstrahlen. Diese Sternfigur erscheint sehr deutlich an der unvollkommen mazerierten Linse. Es zeigt sich hier beim Erwachsenen sowohl auf der Vorderfläche, als auf der Hinterfläche der Linse ein sechs- bis neunstrahliger Stern, Linsenstern und zwar decken sich nicht die beiderseitigen Radien, sondern die des vorderen stehen in den Interradien des hinteren.

Während die Linse innerhalb des Embryonallebens von einer gefässhaltigen Kapsel umgeben ist, veröden diese Gefässe im Verlaufe der Embryonalzeit, so dass Linsenkapsel und Linse des Erwachsenen vollkommen gefäss- und nervenfrei sind.

Die Substanz der Linsenfasern besteht nach Mörner aus einem in Wasser unlöslichen Eiweisskörper, dem Albumoid und zwei löslichen Globulinen, dem α-Kristallin und dem β-Kristalin, sie machen ca. 35 % des Gesamtgewichtes aus, dazu kommen noch 63—64 % Wasser und geringe Menge von Lezithin, Cholesterin, Fett und anorganischen Salzen.

Der Glaskörper.

Der Glaskörper, Corpus vitreum füllt den ganzen hinteren Bulbusabschnitt zwischen Linse und Netzhaut aus. Früher glaubte man, dass er ausschliesslich aus Flüssigkeit bestehe, heute aber wissen wir (Virchow, Retzius), dass auch geformte Bestandteile an seinem Aufbau Anteil nehmen. Diese geformten Bestandteile sind feinste Fäserchen, welche an der ganzen Netzhautoberfläche und an der Linsen- und Zonulahinterfläche eine fast kontinuierliche Lage, die Grenzschicht bilden, in der sich die Fäden zu einem ziemlich dichten Netzwerk verflechten. Von ihm aus wird der ganze Glaskörperraum von diesen Fädchen durchsetzt, indem sie sich zu mehreren zu kleinen Bündeln aneinander lagern und die einzelnen Bündel zur Bildung eines ganz lockeren Maschenwerkes sich gegenseitig verflechten.

Auch zellige Elemente kommen, aber nur in sehr bescheidenem Masse im Glaskörper des Erwachsenen vor. Sie liegen in der Grenzschicht, sind platt spindlig oder sternförmig und werden gewöhnlich als aus den Netzhautgefässen stammende Wanderzellen angesehen.

Im embryonalen Bulbus ziehen von der Papilla nervi optici quer durch den Glaskörperraum die Vasa hyaloidea. Sie gehen später zugrunde, der Kanal, in dem sie den Glaskörper durchsetzen, Canalis hyaloideus (Cloquet'scher Kanal) erhält sich häufig aber durchaus nicht immer und enthält dann auch noch Reste jener Gefässe (Wolfrum).

Man hat auch früher noch eine besondere, strukturlose, den ganzen Glaskörper umhüllende Membran beschrieben (Membrana hyaloidea), sie ist aber nach neueren Untersuchungen nicht vorhanden, sondern die Grenzschicht stösst direkt an die Membrana limitans interna der Netzhaut.

Zonula ciliaris.

Als Zonula ciliaris oder Zonula Zinni bezeichnen wir ein System von Fasern, die sich aus der Ora serrata und der Pars ciliaris retinae erheben und nach dem Linsenäquator zu ausstrahlen, hier in die Linsenkapsel übergehen und so ein ringförmiges Aufhängeband der Linse bilden.

Was den Ursprung der Zonulafasern anlangt, so sind wohl alle neueren Untersucher darin einig, dass sie Ausläufer der inneren, unpigmentierten Zellen die Pars ciliaris retinae sind (Koelliker,

Agababow, Addario, Graf Spee und a. m.), wahrscheinlich senden aber nicht alle diese Zellen Fortsätze aus. Die Fäserchen vereinigen sich zu dickeren Fasern, verlaufen zwischen Ora serrata und Grenzschicht des Glaskörpers nach vorn, treten dann zwischen den Processus ciliares in die sog. Recessus camerae posterioris und ordnen sich zu drei Lamellen an; die vordere zieht zur Vorderfläche der Linsenkapsel, die mittlere zum Linsenäquator und die hintere gelangt der Grenzschicht des Glaskörpers dicht anliegend zur Hinterfläche der Linse. Die Lamellen sind nicht kontinuierlich, sondern setzen sich wieder aus einzelnen Bändern zusammen. An der Linsenkapsel angelangt splittern die Fasern in ihre einzelnen Fibrillen auf, die in die Linsenkapsel einstrahlen und auf ihrer Oberfläche eine besondere äussere kontinuierliche Schicht (Zonulaschicht) bilden, die sich meist leicht von der übrigen Kapsel trennen lässt.

Die verschiedenen Lamellen der Zonula schliessen zwischen sich und dem Linsenäquator einen ungefähr dreieckigen Raum ein, der in offener Kommunikation mit der hinteren Kammer steht, den Petit'schen Raum (Canalis Petiti).

Was das färberische Verhalten und die chemische Natur der Zonulafasern anlangt, so zeigen sie manche Ähnlichkeit mit den elastischen Fasern, doch scheinen sie chemischen Reagenzien gegenüber nicht so widerstandsfähig zu sein, wie jene (Agababow). Sie verhalten sich in färberischer Beziehung ähnlich wie die Neurogliafasern.

Die Blutgefässe des Augapfels.

Die Blutversorgung des Bulbus erfolgt von zwei getrennten Systemen aus, dem Netzhautsysten und dem Ziliarsystem. Anfänglich scharf getrennt verbinden sich beide Systeme beim Eintritt in den Bulbus mittelst zahlreicher Anastomosen, um dann wieder getrennt die Häute des Augapfels zu versorgen (Taf. LVII, Fig. 312).

Das Netzhautgefässystem (Fig. 312, griechische Buchstaben) wird repräsentiert durch die Art. und Vena centralis retinae. Die Arterie (α), einmal in den Sehnerven eingetreten, verläuft in dessen Achse bis zur Papille. Dabei gibt sie zahlreiche Zweige an den Sehnerven selbst und an die Scheidengefässe ab und in der Höhe der äusseren Chorioidealgrenze zahlreiche Anastomosen zu dem bald zu besprechenden Circulus vasculosus nervi optici (γ). Ausserdem hängen die Ästchen der Vasa centralia

retinae am Sehnervenrande mit den feineren Gefässen und Kapillaren der Chorioidea zusammen (δ). Im Grunde der Papille angelangt zerfällt die Arterie znnächst in zwei und kurz darauf in vier Ästchen Arteriolae temporales retinae superior und inferior und die Arteriolae nasales retinae superior und inferior. Diese Gefässe, zu denen noch die gewöhnlich aus den ersteren stammenden Arteriolae maculares superior und inferior kommen, verzweigen sich innerhalb der Nervenfaserschicht vielfach und gehen in Kapillaren über, die bis in die äussere Körnerschicht vordringen. Die Schicht der Stäbchen und Zapfen ist ebenso, wie die Fovea centralis gefässlos. Die Netzhautarterien sind, einmal in die Netzhaut eingetreten, Endarterien. Die aus den Kapillaren sich sammelnden Venen verlaufen genau so, wie die Arterien.

Das Ziliargefässystem besteht aus:

1. den Arteriae ciliares posteriores breves,
2. den Arteriae ciliares posteriores longae,
3. den Arteriae ciliares anteriores.

1. Die Arteriae ciliares posteriores breves (Fig. 312, römische Zahlen) (1) entspringen in 4—6 Stämmchen aus verschiedenen Orbitalgefässen und verlaufen dicht neben dem Nerv. opticus nach vorn. Unterwegs geben sie zahlreiche Ästchen zu den Opticusscheiden, welche mit Ästen der Art. centralis retinae anastomosieren (γ). Am Bulbus angekommen zerfallen sie in 18—20 Stämmchen, welche die Sclera durchbohren und nach vorn hin bis zum Ziliarkörper sich in der Lamina choriocapillaris (III) ausbreiten. In der Höhe der Lamina cribrosa geben sie zahlreiche Ästchen ab, die gegen die Sehnervenachse streben, sich dabei mit den Gefässen der Sehnervenscheide und Ästen der Art. centralis retinae (γ) verbinden und so innerhalb des Bindegewebes der Lamina cribrosa einen dichten Gefässkranz bilden, den Circulus vasculosus nervi optici (Haller's), ausserdem gehen sie mit Ästen der Arteriae ciliares posteriores longae und Art. ciliares anteriores Anastomosen ein (c). Die Arteriae ciliares posteriores breves versorgen hauptsächlich die Chorioidea mit Blut.

2. Die Arteriae ciliares posteriores longae (Fig. 312, arabische Zahlen) (1), entspringen in zwei Stämmchen aus der Art. ophthalmica, laufen mit dem Sehnerven nach vorn, durchbohren die Sclera und laufen ungefähr in dem horizontalen Meridian, die eine lateral, die andere medial zwischen Chorioidea und Sclera nach vorn. Sie dringen dann durch den Ziliarkörper durch und bilden

in der Iriswurzel einen ringförmigen Gefässplexus, den Circulus arteriosus iridis major (2). Von diesen zweigen sich Ästchen radiär nach innen ab und bilden an der Grenze zwischen Ziliar- und Pupillarteil der Iris den Circulus arteriosus iridis minor. Aus dem ersteren dringen ausserdem noch Zweige in die Processus ciliares (3) und bis zum Pupillarrand der Iris (4) ein. Die Arteriae ciliares posteriores longae versorgen demnach vorwiegend die Iris und die Ziliarfortsätze, sie gehen vielfach Anastomosen ein mit den Arteriae ciliares posteriores breves und den Arteriae ciliares anteriores (b).

3. Die Arteriae ciliares anteriores (Fig. 312, kleine lateinische Buchstaben) (a), entspringen in variabler Zahl aus den Muskelarterien, durchbohren im vorderen Bulbusabschnitt die Sclera, versorgen den Ziliarkörper und senken sich in den Circulus iridis major ein (b). Sie geben auf ihrem Verlauf ab einmal die Arteriae episclerales (d), versorgen dann die Sclera und anastomosieren mit den Ästen der Arteriae ciliares posteriores breves (c) und longae, nachher geben sie die Arteriae conjunctivales posteriores zur Conjunctiva bulbi ab und schliesslich die Arteriae conjunctivales anteriores (e). Diese letzten laufen nach vorn bis zur Corneoscleralgrenze (f) und bilden hier schlingenförmig umbiegend das sogen. Randschlingennetz.

Der grösste Teil des Ziliarvenenblutes sammelt sich in den Venae vorticosae, den Wirtelvenen (Fig. 312 V). Es sind das 5—6 über den Äquator des Bulbus verteilte Venenstämme. Das venöse Blut aus der Chorioidea strömt zu einem in jedem dieser Bezirke gelegenen Zentrum hin. Es entstehen so 5—6 in den äusseren Schichten der Chorioidea propria gelegene wirtelförmige Stromgebiete, aus denen je eine Vena vorticosa abführt. Die Venae vorticosae durchbrechen die Sclera und münden in die Vena ophthalmica superior. Von den übrigen im grossen und ganzen mit den gleichnamigen Arterien verlaufenden Venen nehmen die Venae ciliares anteriores (a_1) Blut aus dem vorderen Bulbusabschnitt auf, vor allem aus dem Schlemm'schen Kanal, (S) einem ringförmigen, an dem inneren Umfang der Corneoscleralgrenze gelegenen Venenplexus. Sie münden, wie die noch Blut aus den hinteren Bulbusabschnitten aufnehmenden Venae ciliares posteriores breves (I_1) teils in die Vena ophthalmica superior, teils in die Vena ophthalmica inferior.

Die Lymphbahnen des Bulbus.

Der Augapfel besitzt keine eigentlichen Lymphgefässe, sondern ein System von Spalt- und Hohlräumen, die zum Teil mit dem sog. Kammerwasser erfüllt sind. Nach Schwalbe kann man dieselben in vordere und hintere Lymphbahnen einteilen.

Zu den vorderen Lymphbahnen müssen wir zählen:

1. Die Saftkanälchen der Hornhaut und der Sclera,
2. die vordere Augenkammer
3. die hintere Augenkammer, sie steht mit der vorigen durch den kapillären Spalt in Verbindung, den die auf dem vorderen Abschnitt der Linsenkapsel schleifende Iris offen lässt,
4. den Petit'schen Raum, er steht mit der vorigen, wie wir sahen in weit offener Verbindung.

Das System der hinteren Lymphbahnen besteht dagegen aus:

1. dem Subarachnoideal- und Subduralraum der Sehnervenscheide,
2. dem zwischen Chorioidea und Sclera gelegenen Perichorioidealraum, der mittels der perivaskulären Scheiden der Venae vorticosae in Verbindung steht mit
4. dem Glaskörperraum,
5. den Lymphbahnen der Netzhaut.

Das Kammerwasser, Humor aqueus stellt eine klare, wasserhelle Flüssigkeit dar, die von den Ziliarfortsätzen her abgesondert wird. Sie reagiert alkalisch und enthält nur 1,3% feste Bestandteile, darunter Spuren von Serumalbumin, Globulin und Fibrinogen.

Nach der allgemein herrschenden Annahme findet ein fortwährendes Strömen dieses Kammerwassers aus der hinteren Kammer in die vordere statt und von hier aus soll das Kammerwasser durch den Fontana'schen Raum hindurch in den Schlemm'schen Kanal geleitet und durch diesen abgeführt werden.

Die Hilfsorgane des Auges.

Die Augenmuskeln.

Die Augenmuskeln setzen sich zusammen aus quergestreiften Muskelfasern, die sich von den übrigen Skelettmuskelfasern nur unwesentlich unterscheiden. Es finden sich unter ihnen sehr dünne Fasern, dünner als wie wir sie an anderen Stellen antreffen, vor allem gilt dies von den die peripheren Schichten eines jeden Augenmuskels zusammensetzenden Fasern. Ausserdem zeichnet sich ein grosser Teil der Augenmuskelfasern durch einen ausserordentlich grossen Reichtum an Sarkoplasma aus, wie wir ihn an anderen Orten kaum wieder finden.

Auch die Nervenfasern zeigen in den Augenmuskeln einen etwas differenten Verlauf. Sie umschlingen, bevor sie in ihre Endplatten übergehen, fast eine jede Muskelfaser in zahlreichen Windungen. Nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Cipollone, Sherrington, Baum finden sich in den Augenmuskeln keine Muskelspindeln, Steinitz dagegen fasst hier als Muskelspindeln dünne, oft spindelig verdickte Fasern auf, die sich in grosser Zahl in den Augenmuskeln finden. Sie werden in zahlreichen Spiraltouren von je einer Nervenfaser umflochten, die dabei zahlreiche variköse Seitenzweige abgibt. Eine Bindegewebsscheide fehlt diesen Spindeln. Zwischen den Augenmuskelfasern trifft man dann auch noch besondere sensible Nervenendkörperchen (Huber).

Der Tränenapparat.

Der Tränenapparat setzt sich zusammen aus den Tränendrüsen mit ihren Ausführungsgängen, den Tränenröhrchen, dem Tränensack und dem Tränennasengang.

Die Tränendrüsen (Fig. 313) sind zusammengesetzte tubulöse Drüsen, die wir zu den serösen Drüsen rechnen müssen. Sie weisen eine gewisse Ähnlichkeit mit der Ohrspeicheldrüse auf. Ihre Ausführungsgänge, die in variabler Zahl in den Fornix conjunctivae einmünden, sind mit zweireihigem Zylinderepithel ausgekleidet. Nach aussen von dem Zylinderepithel liegt eine Schicht niederster kubischer Zellen. Die Gänge teilen sich, in dem interlobulären Bindegewebe der Drüsenläppchen vielfach und gehen, ohne dass es wie in der Parotis zur Bildung von Speichelröhren ähnlichen

Kanalabschnitten kommt, durch Vermittelung kurzer Schaltstücke in die sezernierenden Tubuli über. Dieselben werden ausgekleidet von zylindrischen oder kubischen Zellen, denen nach aussen platte, verzweigte Zellen anliegen. Die letzteren bilden eine direkte Fortsetzung jener tiefen Zellage der Ausführungsgänge und scheinen muskulöser Natur zu sein, so dass wir hier also ähnliche Verhältnisse, wie in den Schweissdrüsen vor uns haben (Zimmermann).

Fig. 313.

Aus einem Schnitte durch die Tränendrüse des Menschen.

Ca. 150mal vergrössert.

Die eigentlichen Drüsenzellen lassen, ähnlich wie die Pankreaszellen, eine zentrale körnchenhaltige und eine äussere protoplasmatische, radiär gestreifte, körnchenfreie Zone erkennen. Im zentralen Abschnitt liegen zwei stäbchenförmige Zentralkörperchen. Die zentrale Zone enthält mehr oder weniger zahlreiche Fettröpfchen. Zwischen den Zellen finden sich Sekretkapillaren. Aussen wird der Tubulus umhüllt von einer homogenen Basalmembran. Bei den Halbmondbildungen, die an den Tränendrüsen-Tubuli beschrieben worden sind, handelt es sich nicht um echte Halbmonde, sondern nur um Komplexe sekretleerer Zellen (Noll).

Die Tränen, das Sekret der Tränendrüsen, verdanken ihren bekannten salzigen Geschmack einem Kochsalzgehalt von 1,3 %, ausserdem enthalten sie an festen Bestandteilen nur noch 0,5 % Eiweiss. Ihre Reaktion ist alkalisch.

Die Tränenröhrchen sind ausgekleidet von einem geschichteten Plattenepithel, auf das nach aussen ein gefässreiches Bindegewebe mit zahlreichen elastischen Fasern folgt.

Im Tränensack und Tränennasengang dagegen findet sich ein geschichtetes Zylinderepithel; nach aussen von den Zylinderzellen liegen eine oder auch mehrere Lagen von kubischen Zellen. Nach den Untersuchungen von Walzberg tragen die Zylinderzellen im Tränennasengang vielfach, aber nicht durchgängig Flimmern, dagegen sind sie im Tränensack frei von Flimmern. Das umhüllende Bindegewebe ist reich an Lymphozyten, die sich zur Bildung von kleinen Follikeln ansammeln können.

Die Nerven der Tränendrüse sind fast ausschliesslich marklos. Sie bilden nach Dogiel zunächst auf der Membrana propria ein Geflecht, von dem aus feine Zweige die Membran durchbohren und an der Basis der sezernierenden Zellen ein erstes Netz, das „Überzellennetz" bilden und dann ein zweites zwischen den Zellen, das „Zwischenzellennetz". Es kommt dabei zu einer ausserordentlich innigen Berührung der Nervenfasern und Drüsenzellen.

Die Augenlider.

Die die äussere Fläche der Augenlider bedeckende Haut geht an der inneren Lidkante in die Conjunctiva palpebralis über, welche die innere Fläche der Lider überzieht. Zwischen diese beiden Schichten schiebt sich dann der M. orbicularis palpebrarum mit seinen Fasern und eine feste bindegewebige Platte, der Tarsus ein. Über diese Verhältnisse orientieren wir uns am besten an einem Sagittalschnitt, wie ihn Fig. 314 vom oberen Augenlid eines Kindes vorführt.

Zunächst nach aussen liegt die Hautschicht, die sich durch die ausserordentlich geringe Entwicklung der Coriumpapillen auszeichnet. Das subkutane Gewebe ist sehr locker und arm an Fettzellen. Aus der Hautschicht ragen zahlreiche Wollhärchen heraus.

Aus der äusseren Lidkante ragen die starken langen Wimperhaare, Cilia hervor. Sie sind in 2—3 Reihen angeordnet und tief in das Corium eingepflanzt. Diese Wimpern sind einem raschen Wechsel unterworfen, wie auch das Vorkommen zahlreicher Anlagen von Ersatzhaaren beweist.

In Verbindung mit den Wimpern treten am Lidrande zwei Arten von Drüsen, kleine Talgdrüsen und grosse modifizierte Knäueldrüsen Moll'sche Drüsen, Glandulae ciliares. Die Aus-

führungsgänge der ersteren münden stets, die der letzteren häufig in die Zilienbälge ein.

Auf das subkutane Gewebe folgt nach innen eine Schicht, die vom M. orbicularis palpebrarum gebildet wird. Er besteht aus quergestreiften Muskelfasern, die in ihrer Dicke beträchtliche Schwankungen zeigen und im Unterlid durchschnittlich dicker als im Oberlid sind (Schiefferdecker). Sie verlaufen im Bogen von einem Lidwinkel zum anderen, erscheinen also in unserem Sagittalschnitte quer getroffen. Der dem Lidrand zunächst gelegene Teil wird von den tief eindringenden Zilienbälgen von der Hauptmuskelmasse abgespalten und als M. ciliaris (Riolani) bezeichnet.

Nach innen vom Musc. orbicularis liegt die Fascia palpebralis, eine bindegewebige Schicht, in welche im oberen Lid die Sehne des M. levator palpebrae superioris, im unteren Lid ein Teil der Sehne des M. rectus inferior übergeht. Nach innen von diesen Sehnen verlaufen auch glatte Muskelzellen, die man in ihrer Gesamtheit als M. tarsalis superior, resp. inferior (Mülleri) bezeichnet. Sie heften sich mittelst elastischer Fäserchen zwischen den Muskelzellen an und ziehen mit den Sehnen zum Tarsus, an dem sie wiederum mit elastischen Fäserchen inserieren.

Die Fascia palpebralis setzt sich nach innen in eine steife Platte fort, den sog. Tarsus, der ungefähr $^2/_3$ der Höhe eines jeden Augenlides einnimmt. Er besteht aus fibrillärem Bindegewebe, dessen Fasern so dicht liegen und so fest miteinander verbunden sind, dass das ganze Gebilde fast Knorpelkonsistenz erreicht. Innerhalb des Tarsus liegen in jedem Lid ca. 30 langgestreckte, alveoläre Talgdrüsen, die Glandulae tarsales oder Meibom'schen Drüsen. Die Drüsen stehen sämtlich mit ihrer Längsachse senkrecht zum Lidrand. Der mit geschichtetem Plattenepithel ausgekleidete Ausführungsgang öffnet sich an der inneren Lidkante und zieht von da an ungefähr parallel mit der inneren Oberfläche der Lider durch die ganze Höhe des Tarsus durch. An seinem Ende erscheint er meist erweitert und ist in seinem ganzen Verlauf mit zahlreichen grossen Alveolen besetzt, die ganz den Bau von kleinen Talgdrüsen besitzen. Das Sekret dieser Drüsen ist dem Hauttalg ähnlich, es bildet die sog. Augenbutter, das Sebum palpebrale.

Nach innen vom Tarsus folgt nun die Conjunctiva palpebralis, eine Schleimhaut, die aus Propria und Epithel besteht.

Die Propria ist ein derbes Bindegewebe, welches an der Lidbindehaut sich immer nur in Form starker, unregelmässiger Erhebungen gegen das Epithel vorwölbt, aber nur in der Gegend der inneren Lidkante wirkliche Papillen bildet (Wolffring, Ciaccio). In ihr finden sich zahlreiche Plasmazellen und Lymphozyten, die unter Umständen sich zur Bildung von kleinen Noduli lymphatici vereinigen können. Wie weit man in solchen Lymphknötchen noch normale Bildungen sehen darf, ist schwer zu sagen. Im Fornix findet man auch beim gesunden Menschen manchmal mehr als 20 kleine Lymphknötchen (Henle, Stöhr). Innerhalb der Propria finden sich besonders in der lateralen Hälfte des Fornix conjunctivae im unteren Lid vereinzelt, im oberen zahlreicher seröse Drüsen, welche als akzessorische Tränendrüsen (Krause'sche Drüsen) angesprochen werden dürfen. Ihre Ausführungsgänge münden auf der Oberfläche der Conjunctiva. Das Epithel der letzteren ist ein geschichtetes Zylinderepithel, es erreicht die innere Lidkante nicht, sondern geht schon 1—2 mm vorher in das geschichtete Plattenepithel des Lidrandes über. Die oberflächlichste Lage des Conjunctivalepithels besteht aus mit einer Cuticula versehenen Zylinderzellen. Zwischen ihnen liegen zahlreiche typische Becherzellen (Ishikura). Auf die Zylinderzellen folgen eine oder mehrere Schichten kubischer Zellen. Während im Gebiet des Tarsus die Schleimhautoberfläche glatt ist, zeigt sie im Fornix zahlreiche Furchen und Unebenheiten, buchtenartige Vertiefungen, Conjunctivabuchten. Im Bereiche der letzteren kann die Propria Papillen bilden, die man unter dem Namen des Papillarkörpers zusammenfasst (Eble).

Im Fornix conjunctivae geht die Conjunctiva palpebrarum in die Conjunctiva bulbi über. Letztere hat im allgemeinen den gleichen Bau, wie erstere, nur zeigt ihre Propria in den vorderen Partien deutliche Papillenbildung. Das Epithel der Conjunctiva bulbi geht in der Nähe der Hornhaut in ein hohes geschichtetes Plattenepithel über, dessen direkte Fortsetzung dann das vordere Epithel der Hornhaut darstellt.

Die Plica semilunaris, die der Palpebra tertia, der Nickhaut niederer Wirbeltiere entspricht, ist weiter nichts als eine einfache Duplikatur der Conjunctiva. Sie enthält beim Säugetier eine Knorpelplatte und eine besondere, meist seröse Drüse, die Nickhautdrüse, beim Schwein soll sie mukös sein. Nach hinten von der Nickhautdrüse liegt bei Säugetieren eine weitere Drüse, die Harder'sche Drüse. Reste des Nickhautknorpels und der Nickhaut-

drüse können sich auch beim Menschen finden. Die Caruncula lacrimalis ist eine kleine Erhebung der Conjunctiva bulbi im medialen Lidwinkel, die von geschichtetem Epithel überzogen ist und sich durch den Besitz von Haaren, Talgdrüsen und Schweissdrüsen als ein abgesprengtes Stückchen äusserer Haut manifestiert. In ihrer Tiefe können akzessorische Tränendrüsen liegen.

In jedes Augenlid tritt vom medialen und vom lateralen Augenwinkel je eine Art. palpebralis ein. Die Arteriae palpebrales medialis und lateralis vereinigen sich in jedem Lid, indem sie auf der Aussenfläche des Tarsus in der Nähe des Lidrandes einander entgegenlaufen. Es bildet sich so in jedem Lid ein Arcus tarseus. Im oberen Lid können die Arterienäste noch einen zweiten Gefässbogen bilden. Beide lösen sich in zahlreiche Zweige auf, die Haut, Muskeln, Drüsen und besonders reichlich die Conjunctiva palpebrarum versorgen. Die Conjunctivalarterien anastomosieren am Hornhautrande vielfach mit den Arteriae ciliares anteriores.

Die Lymphgefässe bilden nach Gruner drei durch Anastomosen vielfach miteinander verbundene Netze, das subkutane, das prätarsale und das conjunctivale Lymphgefässnetz. Ihren Abfluss finden sie nach Most zu den Lymphdrüsen der Parotiden- und Submaxillargegend. Ob eine Verbindung der Lymphgefässe der Conjunctiva bulbi mit dem Saftkanalsystem der Hornhaut besteht, ist zurzeit noch nicht entschieden.

Die Nerven des Lides bilden sowohl im Hautteil, als auch im Tarsus und der Conjunctiva dichte Geflechte. Die von ihnen sich abzweigenden Fasern versorgen Haut, Muskeln, Gefässe und Drüsen. Besonders dicht sind die die Meibom'schen Drüsen umspinnenden Geflechte. In der Conjunctiva finden sich neben freien Epithel- und Gefässendigungen vor allem besondere Endkörperchen, die Krause'schen Endkolben. Sie liegen im Lidrand und den angrenzenden Bezirken der Conjunctiva in den Papillen, in den übrigen Teilen der Bindehaut dicht unter dem Epithel (Dogiel). Es kommt sehr häufig vor, dass eine Nervenfaser sich teilt und dass das eine Teilstück in einen Endkolben eintritt, das andere in ein ganzes Büschel frei im Bindegewebe endigender Fäserchen zerfällt (Crevatin).

Das Gehörorgan.

Den wesentlichsten Bestandteil des Gehörorgans bildet das in der Tiefe der Felsenbeinpyramide gelegene, vom äusseren Keimblatt aus durch Einstülpung entstandene häutige Labyrinth. Es enthält die Nervenendorgane, welche zur Perzeption der Schallwellen dienen, funktioniert aber auch noch gleichzeitig als Gleichgewichtsorgan, orientiert uns über die Lage unseres Körpers im Raum. Das häutige Labyrinth besteht bekanntlich aus den beiden vermittelst des Ductus utriculo-saccularis kommunizierenden Säckchen, dem Utriculus und dem Sacculus und dem Ductus cochlearis. Aus dem ersteren erheben sich die in die drei Ebenen des Raumes gestellten halbzirkelförmigen Kanäle mit ihren Ampullen. Der Sacculus steht vermittelst des sehr engen Canalis reuniens mit der häutigen Schnecke in Verbindung. Noch wäre des Ductus endolymphaticus zu gedenken, der aus dem oberen Ende des Sacculus herausführt, den Ductus utriculo-saccularis aufnimmt und die Felsenbeinwand durchsetzend in dem innerhalb der Schädelhöhle liegenden Saccus endolymphaticus endigt. Das häutige Labyrinth liegt innerhalb des knöchernen Labyrinths, zum Teil der Wandung des letzteren dicht an, zum Teil von ihr durch weite perilymphatische Räume getrennt.

An die Wand des häutigen Labyrinthes tritt der Nervus acusticus mit seinen Zweigen heran und endet hier in besonderen Nervenendstellen, die wir als Maculae und Cristae acusticae bezeichnen. Innerhalb des Utriculus liegt eine Macula acustica recessus utriculi, in jeder Ampulle der Bogengänge eine Crista acustica, im Sacculus eine Macula acustica sacculi und in der häutigen Schnecke die ausgedehnte Crista spiralis oder das Corti'sche Organ.

Zu diesem perzipierenden Apparat treten nun noch akzessorische Apparate, die wesentlich der Zuleitung der Schallwellen zu dem tiefgelegenen häutigen Labyrinth dienen. Nach aussen schliesst sich nämlich an das Labyrinth die von dem Kopfdarm abstammende Paukenhöhle. Sie wird geschlossen nach aussen durch das als Schallmembran ausgebildete Trommelfell, welches die Schwingungen, in die es von den Schallwellen versetzt wird, auf eine Kette von drei Knöchelchen, die Gehörknöchelchen überträgt. Das erste derselben, der Hammer, ist fest verbunden mit dem Trommelfell, das letzte, der Steigbügel, sitzt beweglich in dem Foramen ovale des knöchernen Labyrinths. Zwischen Hammer und Steig-

bügel schiebt sich, gelenkig mit beiden verbunden, der Amboss ein. Die Paukenhöhle, die man mitsamt ihrem Inhalt auch als Mittelohr bezeichnet, steht durch die Tuba auditiva in offener Verbindung mit der Rachenhöhle. Endlich reiht sich nach aussen an das Mittelohr das äussere Ohr, bestehend aus dem äusseren Gehörgang und der Ohrmuschel.

Sacculus, Utriculus und Bogengänge.

Sacculus, Utriculus und Bogengänge bieten in ihrem feineren Bau eine so weitgehende Übereinstimmung, dass wir sie im Zusammenhang abhandeln können. Ihre Wand ist an den meisten Stellen äusserst dünn, sie sinkt bis zu 4—5 μ herab, nur an den Maculae und Cristae wird sie beträchtlich dicker, bis zu 100—200 μ. Nach aussen liegt ihr auf ein lockeres Bindegewebe, welches sie entweder mit dem Periost des Knochens direkt verbindet oder in Form von Bälkchen die perilymphatischen Räume durchsetzt. Die Wand von Sacculus, Utriculus und Bogengängen besteht einmal aus der Membrana propria und dann dem ihr nach innen aufliegenden Epithel.

Die Membrana propria ist an den meisten Stellen sehr dünn und zeigt auch meist eine deutliche Streifung. Sie setzt sich augenscheinlich aus Fasern zusammen, die teilweise, ähnlich wie in der Substantia propria der Hornhaut sich zu Lamellen zusammenschliessen. Doch scheint es recht fraglich, ob es sich hier um echtes kollagenes Gewebe handelt, denn die Fasern geben nur unvollkommen oder gar nicht die gewöhnlichen färberischen Reaktionen der echten Bindegewebefasern. Zwischen den Fasern finden sich Zellen und zwar da wo die Membran dick ist in grösserer Zahl und dichter gedrängt, als da wo die Membran nur dünn ist. Die Zellen sind sternförmig und an vielen Stellen lässt sich auf das deutlichste beobachten, dass die Ausläufer benachbarter Zellen miteinander anastomosieren. An der Verdickung der Labyrinthwand im Gebiet der Maculae und Cristae ist die Membrana propria hervorragend beteiligt, so dass man sagen kann, je höher das Epithel, um so dicker die Membrana propria. In den Bogengängen springt die Propria nicht selten mit warzigen Verdickungen gegen das Lumen vor (Rüdinger).

Das Epithel, welches Sacculus, Utriculus und Bogengänge auskleidet, ist ein einschichtiges, plattes Epithel, dessen Zellen als polygonale Platten der Propria aufsitzen. Eine Ausnahme bildet die

sogen. Raphe in den Bogengängen, ein auf der konkaven Fläche der häutigen Bogengänge und der Ampullen verlaufender Zellstreifen, innerhalb dessen die Zellen beträchtlich höher und schmäler, also aus Platten zu niedrigen Zylindern werden.

Jede Crista acustica ist umgeben von einem halbmondförmigen Streifen, dem Planum semilunatum, in dessen Bereich sich ebenfalls Zylinderepithel findet. Nach der einen Seite fällt das Planum langsam in die Ampullenwand ab, nach der anderen wird es durch eine seichte Furche von der es an Höhe um weniges überragenden Crista getrennt. Die Cristae acusticae werden gebildet von dem Neuroepithel. Seine Dicke beträgt ca. 50 μ. Es sitzt auf der hier mächtig verdickten Propria auf, deren oberflächlichste Lage meist keine Zellen enthält und sich als homogener Streifen von der übrigen Propria etwas abhebt. Das Neuroepithel besteht aus zwei verschiedenen Arten von Zellen. Die einen, die Haarzellen sind die perzeptorischen Elemente und treten mit den Endzweigen des Nerv. acusticus in Verbindung, die anderen, die Fadenzellen sind untergeordnete Elemente, die zur Stütze des Epithels dienen.

Die Haarzellen sind bauchige Zellen, deren Länge 25—40 μ beträgt, die also mit ihrer Basis die Membrana propria nicht erreichen. Sie liegen so nebeneinander, dass sie immer noch einen kleinen Raum zwischen sich lassen. Ihre Basis ist breit und abgerundet, nach oben verjüngt sich die Zelle etwas, um ähnlich wie eine breithalsige Kochflasche der Chemiker an ihrem oberen Ende wieder verbreitert auszulaufen. Der Kern ist gross, kugelig, chromatinreich und liegt in der basalen Erweiterung der Zelle. Das verbreiterte obere Ende der Zelle stellt eine cuticularisierte rundliche Platte dar. Aus der freien Oberfläche einer jeden Haarzelle ragen die Hörhaare hervor. Es sind das zahlreiche, feine Härchen, die eine Länge von 25—30 μ haben. Indem sämtliche Haare einer Crista sich dicht aneinander legen und wohl infolge unserer technischen Manipulationen bei der Präparation miteinander verbacken, entsteht ein eigentümliches Gebilde, welches im Querschnitt der Crista der letzteren wie ein Zylinderhut aufsitzt. Wir bezeichnen es als Cupula terminalis (Fig. 315).

Die Fadenzellen durchsetzen die ganze Dicke des Epithels von der Membrana propria bis zur freien Oberfläche. Wir können an ihnen einen Zellkörper und einen Fortsatz unterscheiden. Der Zellkörper liegt unterhalb der Basis der Haarzellen, zwischen dieser und der Membrana propria. Er ist ziemlich klein, die einzelnen Zellen liegen sehr dicht, so dass sie den ganzen Raum zwischen

Haarzellen und Membrana propria ausfüllen. Ihr Kern ist immer wesentlich kleiner, als der Haarzellenkern. Von jedem Zellkörper geht ein schmaler Fortsatz aus, der sich zwischen den Haarzellen durch bis zur freien Oberfläche des Epithels erstreckt und hier in seinem obersten Abschnitt ebenfalls cuticularisiert ist. Indem sich

Fig. 315.

Crista acustica ampullae externae vom Meerschweinchen.

Ca. 200 mal vergrössert.

nun die cuticularisierten Enden der Fadenzellen und die cuticularisierten Deckel der Haarzellen innig aneinander legen und durch Kittsubstanz fest miteinander verbinden, entsteht eine die ganze Oberfläche der Crista bedeckende Cuticularmembran, die Membrana limitans.

In den Maculae acusticae sacculi und utriculi zeigt das Neuroepithel im wesentlichen die gleichen Verhältnisse. Ihnen fehlt ein Planum semilunatum, so dass das Neuroepithel direkt in das Plattenepithel übergeht. Ihr Neuroepithel ist auch nicht ganz so hoch, wie das der Cristae. Die aus jeder Haarzelle hervorragenden Haare verbinden sich miteinander zu je einer ausserordentlich fein auslaufenden Geissel. Auf die Geisselenden lagert sich auf die sog. Otolithenmembran. Die Otolithen, Hör-

steinchen, sind beim Menschen kleine 1–10 μ lange Kristalle, sie bestehen zu fast 80 % aus kohlensaurem Kalk und enthalten daneben noch Spuren von Muzin. Sie werden durch eine weiche, strukturlose Masse zusammengehalten, die unserer Erfahrung nach ein Ausscheidungsprodukt des Neuroepithels darstellt und liegen in ihr in einfacher Schicht auf den Haaren der Maculae auf.

Die in die Cristae und Maculae eintretenden Nerven dringen durch die Membrana propria durch, verlieren dabei ihre Markscheide und verflechten sich vielfach. In das Epithel eingetreten, laufen sie zwischen den Stützzellen hindurch auf die Basen der Haarzellen zu; die einzelne Faser teilt sich dabei meist in mehrere kurze Äste, von welchen sich jeder zu einer Haarzelle wendet. Wie das genauere Verhältnis zwischen Haarzelle und Nervenfaser sich gestaltet, ist eine viel umstrittene Frage. So viel lässt sich aber mit Sicherheit sagen, dass die Verbindung, in welche beide treten, eine ausserordentlich innige ist. Jede Faser bildet an der Basis der Haarzelle eine Art Becher, in welchem jene wie das Ei in einem Eierbecher sitzt. Aus diesem Becher strahlen dann zahlreiche feinste Fibrillen an der Oberfläche der Zelle entlang, dringen vielleicht auch selbst in die Substanz des Zellleibes ein. Diese Fibrillen sind mit zahlreichen Verdickungen besetzt (Retzius, Niemack, Kaiser, Krause, Held).

Die häutige Schnecke.

Wesentlich komplizierter gestalten sich nun die Bauverhältnisse des häutigen Schneckenganges, des Ductus cochlearis (Fig. 316). Es ist das bekanntlich bei den Säugetieren ein spiralig gewundener an beiden Enden blind geschlossener Kanal (Vorhofsblindsack und Kuppelblindsack) in den kurz hinter seinem blinden Vorhofsende der enge Canalis reuniens aus dem Sacculus einmündet. Er liegt im knöchernen Schneckengang so eingeschlossen, dass er, die Schnecke aufrecht stehend gedacht, seine knöcherne Wand nur innen und aussen berührt, oben und unten aber durch je einen grossen perilymphatischen Raum von ihr getrennt wird, Scala vestibuli und Scala tympani (Fig. 316). Beide Scalen gehen in der Schneckenspitze ineinander über, die Scala vestibuli mündet an der Schneckenbasis in die Perilymphräume des Vestibulums, die Scala tympani dagegen endet blind geschlossen an der Membrana tympani secundaria.

Auf dem Schneckenlängsschnitt zeigt der Ductus cochlearis eine dreieckige Form, so dass wir drei Wände an ihm unterscheiden

können, eine obere die ihn gegen die Scala vestibuli abgrenzt, eine äussere die ihn mit dem Periost der äusseren Wand des knöchernen Schneckenganges verbindet und eine untere, die ihn von der Scala vestibuli trennt. Wir wollen diese Wände im folgenden einzeln betrachten.

Die obere Wand, die wir der Nachbarschaft der Scala vestibuli halber auch als vestibulare Wand, Membrana vestibularis bezeichnen können, wird nach ihrem Entdecker gewöhnlich als Membrana Reissneri benannt. Sie entspringt von dem das Labium vestibulare der Lamina spiralis ossea deckenden Limbus laminae spiralis und zieht schräg nach aussen oben zur äusseren Wand des knöchernen Schneckenganges, wo sie sich an einer kleinen Hervorragung der bindegewebigen Bekleidung jener Wand, der Crista membranae vestibularis inseriert. Sie verläuft meist gerade, manchmal auch in die Scala vestibuli vorgebaucht und besteht aus zwei Lagen ganz platter Epithelzellen, von denen die eine dem Epithel des Ductus cochlearis, die andere dem Epithel der Scala vestibuli entspricht. Zwischen den beiden Epithellagen finden sich nur minimale Spuren von Bindegewebe (Fig. 316).

Schon wesentlich komplizierter ist die äussere Wand des Ductus cochlearis gebaut. Sie stellt sich in der Hauptsache dar als eine mächtige Verdickung des Periosts der äusseren Schneckenwand, welche auf dem Schneckenlängsschnitt in Form einer Sichel jener Wand aufliegt und sich nach oben in die Scala vestibuli, nach unten in die Scala tympani hinein erstreckt, in deren dünnem Periost sie ihre Fortsetzung findet. Wir bezeichnen das ganze Gebilde als Ligamentum spirale. Es hat in seinem Bau Ähnlichkeit mit der früher beschriebenen Membrana propria des häutigen Labyrinths und enthält neben feinen Bindegewebsfasern zahlreiche, verzweigte und teilweise auch anastomosierende Bindegewebszellen. An der Stelle, wo die Reissner'sche Membran an ihm inseriert, ist es in eine kleine Spitze ausgezogen, die Crista membranae vestibularis. Wesentlich stärker entwickelt ist aber eine andere Spitze, die den Ductus cochlearis von der Scala tympani trennt und sich weit nach innen gegen die Lamina spiralis ossea erstreckt, sie wird als Crista spiralis bezeichnet. Zwischen Crista spiralis und Crista membranae vestibularis der ersteren wesentlich näher, als der letzteres buchtet sich das Lig. spirale noch einmal nach innen vor als Prominentia spiralis (Fig. 316). Das Epithel, welches diese äussere Wand bekleidet, zeigt ganz eigenartige Verhältnisse, wir können an ihm zwei Strecken unterscheiden, eine von der

Crista membranae vestibularis bis zur Prominentia spiralis als Stria vascularis und eine zweite von der Prominentia spiralis bis zur Crista spiralis als Sulcus spiralis externus. Das Epithel der Stria vascularis ist undeutlich mehrschichtig, man findet auf der Oberfläche niedrigere, in der Tiefe mehr zylindrische Zellen. Die Lagerungsverhältnisse der Zellen werden sehr verwischt dadurch, dass sie einmal ziemlich viel Pigment enthalten und, dass zweitens zwischen die Zellen zahlreiche Blutkapillaren eindringen, so dass wir also hier einen der seltenen Fälle von vaskularisiertem Epithel vor uns haben. Ob wir es hier übrigens ausschliesslich mit Epithelzellen (Retzius, Prenant) oder mit einer Mischung, Durchwachsung von Epithel und Bindegewebe zu tun haben (Baginsky, Gottstein, Katz), wie wir sie auch in der Nachbarschaft bald kennen lernen werden, ist noch nicht mit Sicherheit entschieden. An der Prominentia spiralis verdünnt sich das Epithel stark und ist auf der Höhe derselben vielfach überhaupt nicht mehr nachzuweisen. Es kommt hier nämlich, wie kürzlich Hann nachgewiesen hat, zu einer so innigen Durchwachsung von Epithel und Bindegewebe, dass beide nicht mehr zu unterscheiden sind. Im Sulcus spiralis externus ist das Epithel wieder höher, aber auch hier treten Epithel und Bindegewebe in Konnex, indem sich die Epithelzellen mit Fortsätzen in das Bindegewebe hinein erstrecken.

Die tympanale Wand zeigt uns den kompliziertesten Bau von allen Teilen des Gehörorgans. Von der Crista spiralis spannt sich die tympanale Wand herüber zum Labium tympanicum der Lamina spiralis ossea als Membrana basilaris (Fig. 317 u. 318), sie zeichnet sich durch den Besitz von radiär verlaufenden starken Fasern, den Gehörsaiten aus. Die Länge der Saiten nimmt von der Schneckenbasis nach der Schneckenspitze fortwährend zu und ihre Gesamtzahl in der Schnecke wird von Retzius auf 24000 berechnet. Sie liegen innerhalb einer homogenen Kittmasse, gehen nach aussen kontinuierlich in die Fasern der Crista spiralis über und werden vestibularwärts von einer kernhaltigen Grenzschicht, tympanalwärts von einer mehrfachen Lage spindliger, nur locker aneinander liegender Zellen, der tympanalen Belegschicht umgeben (Fig. 317). An dem Labium tympanicum angekommen geht die tympanale Wand über in ein dickes Bindegewebspolster, welches sich auf die vestibulare Fläche der Lamina spiralis ossea auflagert und als Limbus laminae spiralis bezeichnet wird. Es springt dieser Limbus in Form eines spitzen Hakens in den Ductus cochlearis vor; die unter der Hakenspitze gelegene Ein-

ziehung ist der Sulcus spiralis internus. Wenn man die Reissner'sche Membran und das den Limbus bedeckende Epithel entfernt, so sieht man wie der Limbus, der ja eine in der Schnecke spiralig in die Höhe steigende Leiste darstellt durch radiäre Furchen in lauter einzelne Zähne zerlegt wird, die Huschke'schen Gehörzähne. Ihre Zahl beträgt nach Retzius 2500. Wir können an dem Limbus natürlich auch wieder zwei Labien unterscheiden. Das Labium vestibulare ragt frei in den Ductus cochlearis, das Labium tympanicum setzt sich in die Membrana basilaris fort. Zwischen beiden Labien liegt der Sulcus spiralis internus. Das Gewebe des Limbus ähnelt dem des Lig. spirale, ist aber vielleicht noch fester; nach oben zu zeigt es keine zelligen Einlagerungen mehr und wird homogen, glasig. Der Limbus ist von einem Epithel überzogen, dessen Zellen von der Firste der Hörzähne bis in die Tiefe der zwei Zähne trennenden Furche hineinragen. Lateralwärts geht es über in die kubischen Zellen des Sulcus spiralis internus (Fig. 316).

Zwischen Sulcus spiralis internus und Sulcus spiralis externus baut sich nun, auf der Membrana basilaris ruhend das Corti'sche Organ, die Papilla spiralis auf (Fig. 316 C, 317 u. 318). Es zieht sich als spiralig gewundene Leiste durch die ganze Länge des Ductus cochlearis, nur im Anfang, im Vorhofsblindsack ist es noch nicht vorhanden und im Ende, dem Kuppelblindsack ist es wieder verschwunden. An einem Längsschnitt durch die Schneckenachse erkennen wir, dass die Elemente des Corti'schen Organs sich gruppieren um zwei eigenartige, auf der Membrana basilaris ruhende Zellen, die beiden Pfeiler. Der eine, der innere Pfeiler ist beim Menschen nur wenig geneigt, er ist der kürzere von beiden und erhebt sich mit breiter Fussplatte aus der Basilarmembran, verjüngt sich dann und geht in eine Art Kopf über, welcher aussen eine pfannenartige Aushöhlung besitzt. Mit dem Kopf verbunden ist eine Platte, die Kopfplatte, welche aussen und innen wesentlich über den Kopf herübersteht. Der äussere Pfeiler ist dagegen beträchtlich länger und beträchtlich stärker geneigt. Auch er erhebt sich mit breiter Fussplatte aus der Basilarmembran, sein verjüngter Körper zieht schräg nach innen oben und geht in einen Kopf über, der in die Pfanne des inneren Pfeilers genau hineinpasst (Fig. 317 u. 318). Innerhalb des Kopfes erkennt man einen rundlichen Innenkörper; lateralwärts ist der Kopf in einen platten Fortsatz verlängert, den Phalangenfortsatz. Beide Pfeiler bilden mit der Basilarmembran ein Dreieck, dessen Höhe und Grundfläche von der Schneckenbasis zur Spitze

beständig zunehmen. Der Winkel, den der innere Pfeiler mit der Basilarmembran bildet, bleibt ungefähr konstant. Der äussere Pfeiler jedoch zeigt nach der Schneckenspitze zu eine immer stärkere Neigung.

Der dreieckige Raum zwischen den beiden Pfeilern wird als Corti'scher Tunnel bezeichnet. Er wird ausgekleidet durch einen protoplasmatischen Wandbelag der Pfeiler, herrührend von den beiden Bodenzellen, von denen wir je einen Kern dicht an der Membr. basilaris anliegend erkennen. Diese Bodenzellen stellen die Bildungszellen der Pfeiler, die letzteren selbst Cuticularbildungen dar. Ihre Substanz erscheint längsgestreift durch Einlagerung feiner Fibrillen.

Die Zahl der in der ganzen Schnecke nebeneinander angeordneten inneren Pfeiler ist grösser, als die der äusseren, so dass häufig ein innerer mit zwei äusseren artikulieren muss. Die Pfeiler berühren sich in den beiden Pfeilerreihen nur mit den Köpfen und mit den Fussplatten, zwischen den Pfeilerkörpern dagegen bleiben Räume frei, durch welche der Corti'sche Tunnel mit den angrenzenden Räumen kommuniziert.

Die Pfeiler sind die wichtigsten, aber keineswegs die einzigen Stützapparate des Corti'schen Organs, es schliessen sich nämlich an sie sowohl nach aussen, als nach innen noch weitere Stützzellen an, über deren Bau und Lagerung uns das Schema der Fig. 318 am besten orientiert. Für alle diese Stützzellen gilt als gemeinsames Merkmal, dass sie die ganze Dicke des Organs durchsetzen. Nach innen liegen zunächst dem inneren Pfeiler zwei Zellen an, die sich mit ihrem Körper, dicht aneinander geschlossen aus der Membr. basilaris erheben, ungefähr in der Mitte der Epithelhöhe weichen die beiden Zellen auseinander, indem sie sich stark verdünnen und einen ovalen Zwischenraum zwischen sich lassen. Held bezeichnet die innere der beiden als Grenzzelle, die äussere als innere Phalangenzelle. Jede Grenzzelle endet oben mit einer kleinen Kopfplatte, jede Phalangenzelle mit einer ähnlichen Platte.

Nach aussen schliessen sich an den äusseren Pfeiler drei oder auch vier Stützzellen, welche wir als Deiters'sche Zellen bezeichnen, aber so, dass zwischen der ersten Deiters'schen Zelle und dem äusseren Pfeiler ein ziemlich beträchtlicher Raum freibleibt, der zwischen den äusseren Pfeilern hindurch mit dem Corti'schen Tunnel kommuniziert und als Nuel'scher Raum bezeichnet wird. Die Deiters'schen Zellen sind zylindrische Zellen,

sie reichen mit ihrem Körper bis ungefähr an den Anfang des letzten Viertels der Epitheldicke und gehen dann in einen Fortsatz über, den Phalangenfortsatz, der noch das letzte Viertel der Epitheldicke durchsetzt und an der Epitheloberfläche in einer knöchelförmigen Kopfplatte endigt. Über ihre eigenartige Form gibt unser Schema hinreichend Aufklärung, Es zeigt uns ferner, dass in allen Stützzellen, den inneren sowohl als den äusseren be-

Fig. 318.

Schema des Stützapparates des Corti'schen Organes (nach Held).

Die Haarzellen sind nicht eingezeichnet.

sondere Systeme stützender Fasern verlaufen. Die Fasern erheben sich in geschlossenem Bündel aus dem Grunde der Zelle, strahlen nach oben trichterartig auseinander und enden da, wo die Zelle sich verjüngt resp. in den Phalangenfortsatz übergeht. In den Deiters'schen Zellen kommt dazu noch ein zentraler Faserstab, der die ganze Länge der Zelle durchsetzt. Zentralkörperchen finden sich im oberen Ende einer jeden Deiters'schen Zelle (Graf Spee, Held).

Die Haarzellen oder Hörzellen, die eigentlichen Sinneszellen erreichen auch hier noch weniger wie in den Maculae und Cristae die Epithelbasis, d. h. die Membrana basilaris. Wir müssen natürlich wieder innere und äussere Haarzellen unterscheiden. Nach innen vom inneren Pfeiler findet sich immer nur

eine einzige Haarzelle d. h. die inneren Haarzellen liegen in dem Ductus cochlearis in einfacher Reihe und zwar in der Zahl von 3300, eine neben der anderen den inneren Pfeilern innen an. Sie werden von dem oberen Ende der Grenzzellen und inneren Phalangenzellen vollkommen umgeben, erscheinen zwischen beide eingebettet. Die inneren Haarzellen haben eine exquisit bauchige Form, oben werden sie verschlossen durch einen Deckel, aus dem 10—12 kurze Haare, die Hörhaare hervorragen. In ihrem oberen Ende findet sich ausser einem Zentralkörperchen (Graf Spee) ein undeutlich fädiger Körper, der Hensen'sche Körper, in der Zellbasis eine ähnliche Masse, der Retzius'sche Körper, die beide in ihrer Bedeutung noch nicht völlig geklärt erscheinen.

Die äusseren Haarzellen (Fig. 319 u. 320) liegen dagegen zu mehreren nebeneinander und zwar finden wir in den basalen Teilen des Ductus cochlearis drei, weiter nach oben vier Zellen nebeneinander. Sie liegen dementsprechend in dem Ductus cochlearis in drei- resp. vierfacher Reihe nebeneinander. Ihre Gesamt-

Fig. 319.

Fragment des Corti'schen Organes vom Kaninchen.

Ca. 470mal vergrössert.

zahl beträgt nach Retzius 12000 beim Menschen. Jede äussere Haarzelle wird von ihrer Nachbarzelle durch einen Zwischenraum getrennt, in dem der Phalangenfortsatz einer entsprechenden Deiters'schen Zelle verläuft. Ihr unteres Ende steckt in dem Körper der letzteren, wie das Ei im Eierbecher und wird trichterförmig von deren Stützfasern umgeben. Im übrigen weisen die äusseren Haarzellen ganz denselben Bau, wie die inneren auf, sie sind nur weniger bauchig, mehr zylindrisch.

Nach aussen folgen auf die letzte Deiters'sche Zelle, die Hensen'schen Zellen. Dieselben bilden einen, besonders in den mittleren Abschnitten des Schneckenganges hohen Zellwall, der schroff und steil abfällt und in ein mässig hohes kubisches Epithel übergeht, dessen Zellen unter dem Namen der Claudius'schen Zellen bekannt sind (Fig. 317). Sie liegen in einfacher Schicht der Membrana basilaris auf und führen allmählich in das Epithel des Sulcus spiralis externus über.

Ruder des Aussenpfeilers (Phalanx erster Reihe)
Innenpfeiler
Aussenpfeiler
Äussere Haarzellen

Fig. 320.
Stück des Corti'schen Organs vom Kaninchen, von der oberen Fläche gesehen.
Ca. 470 mal vergrössert.

Nach innen von der Grenzzelle fällt das Epithel des Corti'schen Organs ebenfalls sehr rasch ab und geht in die niedrig kubische Epithelauskleidung des Sulcus spiralis internus über.

Durch die umgewandelten oberen Enden sämtlicher Stützelemente, also der Kopfplatten der Grenzzellen, inneren Phalangenzellen und inneren Pfeiler und der Phalangenfortsätze der äusseren Pfeiler und die Kopfplatten sämtlicher Reihen von Deiters'schen Zellen wird auf der Oberfläche des Corti'schen Organs eine zusammenhängende Membran gebildet, in deren Öffnungen die Köpfe der Haarzellen hängen. Diese Membrana reticularis endigt innen mit den sich eng aneinander schliessenden Kopfplatten der Grenzzellen, aussen wird sie geschlossen durch die ebenso aneinandergeschlossenen Kopfplatten der letzten Reihe von Deiters-schen Zellen.

Zum Schlusse unserer Beschreibung müssen wir noch eines eigenartigen Gebildes gedenken, welches sich als stark verdickte Membran vom Limbus spiralis herüber auf das Corti'sche Organ legt und so eine Brücke über den Sulcus spiralis internus schlägt, die Membrana tectoria. Wir können an ihr einen angewachsenen und einen freien Abschnitt unterscheiden. Der erstere liegt als feinstreifiges, dünnes, cuticulares Häutchen dem Epithel des Limbus laminae spiralis auf. An der freien Kante des letz-

teren angekommen verdickt sich die Membran beträchtlich und geht in ihren freien Abschnitt über. Derselbe überbrückt den Sulcus spiralis internus, legt sich auf das Corti'sche Organ auf und endet, sich allmählich wieder immer mehr verschmälernd, über der letzten Deiters'schen Zelle, meist mit leicht aufgebogenem Rand. In der Höhe der inneren Haarzellen verläuft auf der Unterfläche der Membran eine seichte Furche parallel zur freien Kante des Limbus, der Hensen'sche Streifen. Die Membran lässt eine deutliche Längsstreifung erkennen, die von der Einlagerung von Fasern in eine homogene Grundsubstanz herrührt. Viel umstritten ist die Frage nach der natürlichen Stellung der Membran. Meist findet man sie in den oberen Schneckenwindungen stärker von der Membrana reticularis abgehoben, als in der Basalwindung. Nach Kreidl und Yanase stellt die abgehobene Membran den normalen physiologischen Zustand dar. Die Abhebung erfolgt erst nach der Geburt und fällt zusammen mit dem Eintritt des Hörvermögens.

Die Nerven der Schnecke sind Fasern des Nerv. cochleae. Seine Äste treten durch die Löcher des Tractus spiralis in den Spiralkanal ein und gehen hier in die Spiralganglien über, die ein im Spiralkanal in die Höhe steigendes Ganglienband darstellen. Dabei bilden die Fasern innerhalb dieses Kanals einen dichten Plexus und treten zwischen die beiden Knochenblätter der Lamina spiralis ossea. Hier verlieren sie ihre Markscheide und gelangen durch Löcher in der Membrana basilaris, die Foramina nervina, in das Corti'sche Organ hinein. Ein erstes Bündel tritt unter die Reihe der inneren Haarzellen und bildet hier einen dichten Plexus, aus dem die Fasern zu den Haarzellenenden in die Höhe steigen. Ein zweiter Strang tritt quer oder schräg zwischen den inneren Pfeilern hindurch, durchsetzt den Tunnelraum (Tunnelstrang), gelangt zwischen den äusseren Pfeilern und durch den Nuel'schen Raum hindurch unter die äusseren Haarzellen und bildet hier ebensolche Plexus, aus denen die Fasern zu den Haarzellen aufsteigen. Die Endigung der Fasern an den Haarzellen ist im wesentlichen eine ähnliche, wie in den Maculae und Cristae. Von Interesse ist noch die Beobachtung von Held, dass innerhalb des Spiralplexus Fasern emporsteigen, die von Zeit zu Zeit Collateralen ins Corti'sche Organ senden, also verschiedene Höhen des Ductus cochlearis mit einander verbinden.

Die Endolymphe ist ebenso wie die Perilymphe eine wasserhelle Flüssigkeit ohne geformte Bestandteile, welche Spuren

von Eiweiss enthält. Als Absonderungsort der Endolymphe darf mit ziemlicher Sicherheit die Stria vascularis bezeichnet werden.

Die Blutgefässe und Lymphbahnen des häutigen Labyrinthes.

Über die Blutversorgung des häutigen Labyrinthes besitzen wir sehr sorgfältige Untersuchungen von Eichler und Siebenmann, denen wir das folgende entnehmen können. Die Art. auditiva interna, ein Ast der Art. basilaris spaltet sich im Grunde des inneren Gehörganges in drei Zweige, welche durch die knöcherne Verschlussplatte mit den Nerven zum häutigen Labyrinth gelangen.

Die Art. vestibularis versorgt die laterale obere Hälfte des Sacculus und Utriculus und die Ampullen des oberen und äusseren Bogenganges.

Die Art. vestibulo-cochlearis spaltet sich wieder in zwei Zweige. Der Ramus vestibularis versorgt die mediale untere Partie von Sacculus, Utriculus samt den dazu gehörigen Bogenschenkeln und der hinteren Ampulle und greift auch noch auf den Vorhofsblindsack der Schnecke über. Der Ramus cochlearis versorgt das erste Drittel der ersten Schneckenwindung.

Die Art. cochlearis tritt mit mehreren Zweigen in den Canalis longitudinalis modioli ein, welche von hier aus teils in den Spiralkanal und mit den Nerven zwischen die Blätter der Lamina spiralis ossea gelangen, teils in die knöcherne Zwischenwand eintreten und zum Periost der Scalen und zum Lig. spirale gelangen. Innerhalb des Ductus cochlearis dringen die Gefässe einerseits in den Limbus laminae spiralis vor, andererseits erreichen die im Periost der Paukentreppe verlaufenden Zweige die Membrana basilaris von dem Labium tympanicum der Lamina spiralis aus und dringen hier in Form von Arkaden ein kleines Stück weit bis jenseits des inneren Pfeilers vor. Hier läuft am Boden des Corti'schen Tunnels innerhalb der tympanalen Belegschicht ein Gefäss spiralig im Schneckengang in die Höhe, das Vas spirale. Der ganze übrige Teil der tympanalen Wand ist gefässlos. Sehr reich mit Gefässen versorgt ist das Lig. spirale, vor allem in der Gegend der Stria vascularis. In der Prominentia spiralis verläuft dicht unter dem Epithel ein Gefäss, das Vas prominens. Vas spirale und Vas prominens sind als präkapilläre Venen zu bezeichnen.

Das venöse Blut sammelt sich in drei Venenstämmen:

Die Vena aquaeductus vestibuli führt das venöse Blut aus den Bogengängen und einem Teil des Utriculus fort.

Die Vena aquaeductus cochleae nimmt den übrigen Teil des Utriculusblutes auf, das Blut des Sacculus und einen Teil des Schneckenblutes. In sie ergiessen sich die beiden Venae spirales, eine obere und eine untere, die aus den entsprechenden Abschnitten der Schnecke kommen und aus kleinen Venen entstehen, die hauptsächlich in dem Periost der Scala tympani verlaufen und das Vas prominens und das Vas spirale aufnehmen.

Die Vena spiralis modioli verläuft dicht neben dem Labium tympanicum laminae spiralis osseae und nimmt das Blut aus dem Spiralkanal und aus dem Limbus spiralis auf. Sie mündet in die Vena auditiva interna.

Eigentliche Lymphgefässe besitzt das innere Ohr nicht, als Lymphräume funktionieren einmal der ganze Innenraum des häutigen Labyrinthes, der Endolymphraum mit seinem Ductus und Saccus endolymphaticus und ferner die Perilymphräume, die durch den Ductus perilymphaticus mit den Lymphräumen in Verbindung stehen, die den Bulbus venae jugularis umgeben.

Das Mittelohr.

Die Paukenhöhle ist ausgekleidet mit einer Schleimhaut, welche sämtliche in ihr gelegenen Gebilde und die Innenfläche des Trommelfells überzieht und im Ostium tympanicum tubae sich in die Schleimhaut der Tuba auditiva fortsetzt. Sie ist im allgemeinen dünn, reich vaskularisiert und besitzt keine eigentliche Submucosa, sondern die Propria geht direkt in das Periost des Knochens über. Das Schleimhautepithel ist einschichtig, teils niedrig, wie auf den Gehörknöchelchen und auf der Innenfläche des Trommelfells, teils höher kubisch, wie auf dem Boden der Paukenhöhle. Hier trägt das Epithel auch konstant Flimmern, die man gelegentlich auch an anderen Stellen nachweisen kann. Im übrigen herrschen über den Bau dieses Epithels mannigfache Kontroversen, auch über das Vorkommen von Drüsen in der Paukenhöhlenschleimhaut hat man vielfach gestritten, doch darf wohl heute als sicher gelten, dass die Paukenhöhlenschleimhaut des Menschen keine Drüsen führt. Die Propria der Schleimhaut ist nicht überall gleichmässig dick, sondern bildet vielfach Leisten und Kämme, die sich miteinander verbinden und sich dabei stellenweise verdicken können. Es kommen so besonders im Sinus tympani und am Trommelfell

eigenartige mit Epithel überzogene Bildungen zustande, die man als dendritische Gebilde bezeichnet.

Die Paukenhöhle besitzt eine reiche Blutversorgung. In der Propria findet sich ein arterielles und ein venöses Netz, von dem die Kapillaren bis dicht unter das Epithel ziehen. Die Lymphgefässe verlaufen hauptsächlich im Periost, die abführenden Stämme führen zu den Lymphdrüsen an der Wurzel des Proc. mastoideus.

Die Nerven bilden in der Schleimhaut ein weitmaschiges Geflecht, in das nach Krause zahlreiche Ganglien eingelagert sind.

Die Gehörknöchelchen bestehen aus einer kompakten Knochenmasse, die im Inneren um kleine Markräume herum in eine schwache Spongiosa übergeht. An denjenigen Stellen, an welchen sich die Knöchelchen gelenkig mit einander verbinden und da wo sie mit der Paukenhöhlenwand und dem Trommelfell in Verbindung treten, sind sie mit hyalinem Knorpel überzogen. Die beiden Gelenke, Hammer-Ambos- und Ambos-Steigbügelgelenk, sind durch einen Gelenkmeniskus in zwei Kammern geschieden. Der Meniskus besteht aus Bindegewebsknorpel. Die Verbindung der Steigbügelfussplatte mit dem Rande des ovalen Fensters ist eine ziemlich straffe. Sie wird hergestellt durch ein bindegewebiges Band, das Lig. annulare.

Die Muskeln der Paukenhöhle setzen sich zusammen aus quergestreiften Muskelfasern, die sich durch keine Besonderheiten auszeichnen. Die Nerven endigen an ihnen teils in Form von motorischen Endplatten, teils in eingekapselten sensiblen Endapparaten, mit denen auch ihre Sehnen reichlich versorgt sind.

Die Tuba auditiva stellt die Verbindung der Paukenhöhle mit der Rachenhöhle dar, ihre Schleimhaut ist eine direkte Fortsetzung der Paukenhöhlenschleimhaut. Das ca. 40 μ dicke Epithel ist ein zweizeiliges flimmerndes Zylinderepithel, das besonders in der Tiefe der Schleimhautfalten auch Becherzellen enthält. Propria und Submucosa sind ziemlich dünn, so dass die Schleimhaut fast unbeweglich am Knochen oder Knorpel haftet. Die Schleimhaut ist auch unter normalen Umständen immer mit Lymphozyten stark infiltriert, um so stärker je mehr man sich dem Ostium pharyngeum nähert. Hier kommt es zur Bildung von kleineren oder grösseren Lymphfollikeln, die in ihrer Gesamtheit von Gerlach als Tubenmandel bezeichnet worden sind. Während die mediale Tubenwand vorwiegend solche lymphoiden Einlagerungen zeigt, enthält die laterale Wand zahlreiche Schleimdrüsen. Der Tuben-

knorpel besteht seiner Hauptmasse nach aus Hyalinknorpel, doch finden sich vielfach in ihn eingesprengt Inseln von elastischem Knorpel und in der Knorpelrinne strahlen auch kollagene Fasern in den Hyalinknorpel ein, so dass wir hier auch Bindegewebs knorpel haben.

Das Trommelfell.

Das Trommelfell bildet die Grenze zwischen Mittelohr und äusserem Ohr, es gehört beiden gemeinsam an, da sowohl das Mittelohr mit seiner von der Kopfdarmhöhle stammenden Schleimhaut, als auch die äussere Haut zu seiner Bildung beitragen.

Wir können an dem Trommelfell von innen nach aussen drei Schichten unterscheiden:

1. die Schleimhaut, Stratum mucosum,
2. die bindegewebige Grundschicht, Substantia propria und
3. die Hautschicht, Stratum cutaneum.

Die Schleimhaut des Trommelfells ist ausserordentlich dünn und zart. Auf einer ganz minimalen bindegewebigen Tunica propria sitzt nach innen zu eine Lage niedriger, kubischer Zellen, die in den Randpartien allmählich etwas höher werden. An manchen Stellen, z. B. an der Übergangsstelle der Membrana tensa in die Membrana flaccida, bildet die Propria eigentümliche, verzweigte Balken, welche von Gruber als dendritisches Gebilde des Trommelfells beschrieben worden sind.

Die Substantia propria macht den wichtigsten Bestandteil des Trommelfells aus und besteht aus langen, platten Bündeln von Bindegewebsfasern, welche eine ganz charakteristische Anordnung zeigen. Jedes Bündel wird, ähnlich wie die Sehnenbündel, von Bindegewebszellen umscheidet, die man auch, analog den Hornhautkörperchen, als Trommelfellkörperchen bezeichnet hat. Die Bindegewebsbündel sind in zwei Lagen angeordnet, eine innere zirkuläre und eine äussere radiäre. In der ersteren verlaufen die Bündel konzentrisch um den Umbo als Mittelpunkt herum, in der Radiärschicht dagegen strahlen sie, wenigstens in den beiden unteren Quadranten vom Umbo aus radiär zur Peripherie. In den beiden oberen Quadranten dagegen treffen sie von der Peripherie aus in spitzem Winkel auf die Stria malleolaris, wobei der Winkel je weiter noch oben, um so spitzer wird. Die obersten Fasern der beiden oberen Quadranten schliessen sich nicht zusammen, sondern lassen im Gebiet der Stria einen dreieckigen Raum frei. An der

Peripherie gehen diese Radiärfasern direkt in den Ringwulst, den Annulus fibrosus über, einen auf dem Radiärschnitt dreieckigen sehnigen Ring, der den Sulcus tympanicus ausfüllt, sehr viele elastische Fasern enthält und die Verbindung des Trommelfells mit dem Knochen vermittelt. In der Nähe des Ringwulstes, also in den peripheren Trommelfellpartien kommt es auch zu einer Durchflechtung von Radiär- und Zirkulärfaserschicht, im Zentrum, im Umbo ist die erstere fast allein vorhanden, die Zirkulärfasern sind hier kaum noch nachzuweisen.

Mit dem Trommelfell ist bekanntlich der Hammergriff sehr fest, seiner ganzen Länge nach verbunden und zwar wird diese Verbindung im wesentlichen durch die Radiärfasern hergestellt. Dieselben strahlen in das den Hammergriff umhüllende Periost ein, so dass Faserzüge entstehen, die den Knochen in Form einer Schleife umziehen. Nur im Gebiet des Processus brevis, wo die Radiärfasern ja schlecht entwickelt sind, wird die Verbindung zwischen Hammer und Trommelfell von den Zirkulärfasern besorgt. Der Hammergriff ist, wie schon früher bemerkt wurde, an seiner dem Trommelfell anliegenden Fläche mit Hyalinknorpel überzogen.

Im Gebiet der Membrana flaccida fehlt die Substantia propria vollständig. Das lockere Bindegewebe, das hier an deren Stelle tritt, müssen wir als Subcutis auffassen.

Elastische Fasern fehlen der Substantia propria des Trommelfells mit Ausnahme des Ringwulstes vollkommen und das Trommelfell scheint auch eine ganz unelastische Membran zu sein.

Die Hautschicht des Trommelfells zeigt auch wieder eine nur sehr spärliche Cutis, die keinerlei Papillenbildung aufweist, nur in der Gegend des sog. Cutisstranges findet sich eine dickere Cutis. Das Epithel ist das geschichtete Epithel der Epidermis mit verhornten Zellen in den obersten Schichten. Die Keimschicht ist auf 2—3 Zelllagen reduziert.

Die Arterien des Trommelfells bilden ein Hautnetz und ein Schleimhautnetz und zwar strahlen die Hauptzweige von der in der Stria malleolaris verlaufenden Art. manubrii mallei radiär nach allen Seiten aus und verbinden sich mit kleinen Zweigen, welche radiär von der Wand des äusseren Gehörganges eindringen. Das Schleimhautnetz wird von kleinen Zweigen der Art. tympanica gebildet. Die Venen verhalten sich ähnlich wie die Arterien.

Die Lymphgefässe bilden ein Hautnetz, ein Proprianetz und ein Schleimhautnetz, die abführenden Gefässe gelangen durch

die Wand des äusseren Gehörganges zu den Drüsen am Ansatz des Musc. sternocleidomastoideus.

Die Nerven des Trommelfells bilden drei ganz ähnlich gelegene Geflechte. Schleimhaut- und Hautgeflecht geben zahlreiche Zweige ab, die in baumförmige, dicht unter dem Epithel gelegene Endverzweigungen übergehen. Auch das zwischen Radiär- und Zirkulärfaserschicht gelegene Grundgeflecht ist mit zahlreichen, zwischen den Bindegewebsbündeln gelegenen und sehr variabel geformten Endapparaten verbunden.

Das äussere Ohr.

Die Haut des äusseren Gehörganges ist in den verschiedenen Abschnitten verschieden dick, von 0,1—1,5 mm. Ihre Epidermis ist relativ dünn, Papillen sind nur unvollkommen entwickelt. Sie ist durch ein schwach entwickeltes subkutanes Gewebe mit dem Knochen oder Knorpel verbunden. Die Haut enthält im häutigen Gehörgang und im Dachteil des knöchernen zahlreiche feine Härchen, kleine Talgdrüsen und häufig mit ihnen zusammen in den Haarbalg mündende grosse Drüsen, die sog. Ohrschmalzdrüsen, Glandulae ceruminales. Diese letzteren führen ihren Namen zu Unrecht, denn das eigentliche Ohrschmalz, eine weiss-gelbliche Schmiere, wird nur von den Talgdrüsen geliefert, die Glandulae ceruminales aber liefern, wie die Schweissdrüsen, denen sie im Bau durchaus ähnlich sind, eine Flüssigkeit, die zum Feuchthalten des Talgdrüsensekretes dient (Schwalbe, Kishi). Die Ohrschmalzdrüsen sind grosse Schweissdrüsen, die sich von diesen nur dadurch unterscheiden, dass ihr Ausführungsgang eine sehr beträchtliche Erweiterung erfährt und dass ihre sezernierenden Zellen zahlreiche Pigmentkörnchen enthalten.

Die Knorpel des äusseren Gehörganges bestehen aus elastischem Knorpel.

Die Ohrmuschel setzt sich zusammen aus dem Ohrknorpel und der ihn überziehenden Haut, wozu noch die inkonstanten Muskeln kommen. Die Haut ist auf der Ohrmuschel meist sehr dünn, die Papillen des Coriums sind schwach entwickelt, das subkutane Gewebe ist auf der Hinterfläche reichlicher entwickelt, als auf der Vorderfläche, am reichlichsten im Lobulus, wo es auch stark mit Fett durchsetzt ist. Die Haut enthält kleine Haare und Talgdrüsen, Schweissdrüsen finden sich dagegen nur an wenigen Stellen, so im Lobulus und der Incisura anterior. Die Knorpel der Ohrmuschel sind elastische Knorpel.

Das Geruchsorgan.

Der Sitz des Geruchsorgans ist beim Menschen nur auf diejenigen Partien der Nasenhöhlenschleimhaut beschränkt, welche die obere Muschel und die oberen hinteren Teile des Septum narium bedecken, bei Tieren kann diese Riechschleimhaut weit umfangreichere Bezirke der Nasenhöhle okkupieren. Wenn also die Nase nur in einem ganz beschränkten Masse als Geruchsorgan bezeichnet werden darf, so wollen wir doch hier im Zusammenhang den Bau der gesamten Nasenhöhlenschleimhaut besprechen.

Mit Rücksicht auf den Bau dieser Schleimhaut können wir die Nasenhöhle in drei Abteilungen zerlegen:

die Regio vestibularis,
die Regio respiratoria und
die Regio olfactoria.

Die Regio vestibularis nimmt das Vestibulum nasi ein, ihre Auskleidung ist eine direkte Fortsetzung der äusseren Haut und besitzt zunächst wie diese, ein verhorntes, geschichtetes Epithel mit Haaren (Vibrissae) und Talgdrüsen. Doch schon jenseits der Nasenlöcher verlieren sich die Haare und die Talgdrüsen, ebenso wie die Verhornung der oberflächlichen Zellschichten und wir haben nun als Bedeckung ein dünnes, geschichtetes Plattenepithel, das auf einer ebenfalls schwach entwickelten Propria mit niedrigen Papillen aufsitzt. Dieses Verhalten findet sich im gesamten Vorhof.

Die Regio respiratoria umfasst den grössten Teil der Nasenhöhle und charakterisiert sich durch den Besitz eines mehrzeiligen Flimmerepithels und zahlreicher Drüsen. Der Übergang der Regio vestibularis in die Regio respiratoria findet gewöhnlich am vorderen Ende der unteren Muschel, im Beginn des Meatus nasi inferior und im Atrium meatus nasi medii statt. An die Stelle des geschichteten Plattenepithels tritt ein mehrreihiges flimmerndes Zylinderepithel, das übrigens nach Kallius, Rugani, Kubo u. a. nicht nur mehrreihig, sondern auch typisch mehrschichtig ist. Es hat eine Dicke von 40—50 μ und besitzt zwischen den Zylinderzellen zahlreiche Becherzellen. Die Flimmerung geht von vorn nach hinten, also nach der Choane zu. Unter dem Epithel liegt eine deutliche Basalmembran. Die Propria ist besonders auf der unteren Muschel sehr stark entwickelt und enthält zahlreiche elastische Fasern und Drüsen. Ausserdem aber ein

sehr reich entwickeltes Venengeflecht, welches die Propria in eine Art Schwellkörper mit muskulösen Wandungen umwandelt. Die Propria geht ohne scharfe Grenze in die Submucosa über, die die Schleimhaut mit dem Periost verbindet. Nicht selten trifft man in der Propria, besonders der unteren Muschel zahlreiche Lymphozyten, die zur lymphoiden Infiltration führen können. Wir müssen das aber schon als pathologischen Zustand betrachten (Kubo).

Über die Natur der in der Regio respiratoria sich findenden Drüsen ist eine Einigung zurzeit noch nicht erzielt. R. Heidenhain und seine Schüler bezeichnen sie als seröse, Schiefferdecker und Maziarski als rein muköse Drüsen und Stöhr, Schmincke, Kallius und von Ebner als gemischte Drüsen. Es sind verzweigt alveoläre Drüsen, deren Ausführungsgänge zwischen den Zylinderzellen des Epithels münden.

Die Regio olfactoria nimmt, wie erwähnt, nur die oberste, mittlere und hintere Partie des Septum narium und die obere Muschel ein und unterscheidet sich von der lebhaft rot gefärbten Schleimhaut der Pars respiratoria schon makroskopisch durch ihre gelbliche Verfärbung. Das Epithel der Regio olfactoria, welches das Epithel der Regio respiratoria an Höhe kaum übertrifft, ist ein Neuroepithel und besteht also aus Stützzellen und Sinneszellen (Fig. 321), dazu kommt noch eine tiefe Lage kubischer Zellen, die Basalzellen. Die Stützzellen durchsetzen die ganze Dicke des Epithels. Ihr zylindrischer Körper beginnt an der Oberfläche, verdickt sich im zweiten Drittel seines Verlaufs etwas zur Aufnahme des Kerns, besitzt zahlreiche, längsverlaufende Einbuchtungen und teilt sich in seinem letzten Drittel gewöhnlich in mehrere Fortsätze, Füsse, mit denen sie der Propria aufsitzt. Auf der freien Oberfläche trägt jede Stützzelle einen feinen Stäbchen-

Stütz-zelle
Bipolare Riechzelle
HK.
Faser des N. olfactorius

Fig. 321.

Aus einem senkrechten Schnitt durch die Schleimhaut der Regio olfactoria eines ganz jungen Hundes (Golgi'sche Methode).

Ca. 450mal vergrössert.

saum (von Brunn). Die Kerne sind meist ovoid und nehmen ungefähr die Mitte der Epitheldicke ein.

Die Riechzelle ist beträchtlich schmäler. Sie beginnt an der Epitheloberfläche mit dem schmalen, zwischen den Stützzellen emporsteigenden peripheren Fortsatz, der jenseits der Stützzellenkernreihe sich zu einem ovoiden Zellkörper allmählich verdickt, der also innerhalb der basalen Hälfte der Epitheldicke liegt, aber niemals bis zur Epithelgrenze selbst herunterragt. Aus dem unteren Ende des Zellkörpers geht ein sehr dünner Fortsatz hervor, der zentrale Fortsatz der Riechzelle, er verlässt das Epithel und wird zu einer marklosen Faser des Nerv. olfactorius. Der periphere, dickere Fortsatz der Zelle überragt mit einem kleineren Köpfchen die Oberfläche, aus welchem 6—8 kurze Härchen hervorstehen, die Riechhärchen. Die Kerne der Riechzellen sind kugelig und liegen unterhalb der Stützzellenkerne in verschiedenen Reihen.

Die Basalzellen haben Kegelform, sie sitzen in einfacher Schicht mit ihren Basen der Membrana propria auf. Ihre Spitzen ragen ein Stück weit zwischen den Riech- und Stützzellen in die Höhe. Ihre Kerne bilden die tiefste Kernschicht des Epithels.

Eine Basalmembran fehlt in der Regio olfactoria. Die Tunica propria ist so stark mit Lymphozyten durchsetzt, dass sie den Charakter des adenoiden Gewebes annimmt. Sie enthält nur wenig elastische Fasern und geht in die aus lockerem Bindegewebe mit zahlreichen elastischen Fasern bestehende Submucosa über, die die Schleimhaut ans Periost heftet. In der Propria finden sich zahlreiche Drüsen, Bowman'sche Drüsen, Glandulae olfactoriae, die als echte seröse Drüsen bezeichnet werden müssen (Fig. 322). Der Ausführungsgang einer jeden Drüse mündet zwischen den Riech- und Stützzellen und ist bis zur Epitheloberfläche von platten, spindeligen Zellen in einfacher Schicht ausgekleidet. Dicht unter dem Epithel erweitert er sich mehr oder weniger stark blasig und in diese Erweiterung münden mehrere unverästelte blind endigende Drüsenröhrchen. Wir können deshalb die Bowman'schen Drüsen als verzweigt tubulös bezeichnen. Die blasige Erweiterung und die in sie einmündenden Tubuli sind mit kubischen, körnchenhaltigen Zellen ausgekleidet.

Die Blutgefässe der Nasenschleimhaut zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass die Arterien relativ eng, die Venen dagegen sehr weit sind. Die Arterien zerfallen in drei Kapillarsysteme, ein periostales, ein glanduläres und ein subepitheliales (Zuckerkandl). Am reichsten entwickelt ist das glanduläre, das die Drüsen

mit dichten Maschen umspinnt. Alle drei Kapillarsysteme münden nun in erweiterten Venen, die innerhalb der Propria und Submucosa liegen und hier ein weitmaschiges Netz bilden. Diese Venen nehmen insofern eine Mittelstellung zwischen Venen und Arterien ein, als sie eine stark muskulöse Wandung besitzen.

Epithelschicht
Ausführgang
Zweig des N. olfactorius
Tunica propria
Gland. olfactoria
Querdurchschnittener Nerv
Vene

Fig. 322.

Senkrechter Schnitt durch die Schleimhaut der Regio olfactoria eines Kaninchens.

Ca. 360 mal vergrössert.

Die *Lymphgefässe* der Nasenschleimhaut sind dadurch von Bedeutung, dass sie in Verbindung mit dem Subarachnoidealraum des Gehirns stehen (*Key* und *Retzius*). Diese Verbindung wird einmal durch die Lymphscheiden des Nerv. olfactorius und seiner Fasern, dann aber auch durch direkte Kommunikationen dargestellt. Die Lymphgefässe bilden innerhalb der Propria Netze, von denen aus wandungslose Kanälchen zwischen den Epithelzellen in die Höhe steigen und an der Oberfläche münden (*Key* und *Retzius*).

Die *Nerven* der Nasenschleimhaut sind der Hauptsache nach die aus den zentralen Fortsätzen der Riechzellen hervorgehenden Olfactoriusfasern. Ausserdem enden aber nicht nur in der Schleimhaut der Regio respiratoria, sondern auch in der Regio olfactoria zahlreiche sensible Trigeminusfasern frei mit ihren Endzweigen zwischen den Epithelzellen.

Das Jacobson'sche Organ ist beim Menschen nur noch rudimentär, stellt aber bei Tieren ein hochentwickeltes Organ dar, das vom Nerv. olfactorius aus versorgt wird und dessen Schleimhaut ganz den Charakter der Riechschleimhaut trägt.

Das Geschmacksorgan.

Die Geschmacksempfindungen werden vermittelt durch knospenförmige Organe, die Geschmacksknospen, Schmeckbecher, Caliculi gustatorii, welche sich beim Menschen vor allem im Epithel

Geschichtetes Plattenepithel
Geschmacksknospen
Nerv
Eiweissdrüsen
Längsdurchschnittene Muskelfasern
Querdurchschnittene Muskelfasern

Fig. 323.

Senkrechter Durchschnitt durch die Leistchen der Papilla foliata des Kaninchens.

Ca. 100mal vergrössert.

der Zunge und zwar zahlreich in dem der Papillae circumvallatae und foliatae (Fig. 323 u. 324), spärlicher in dem der Papillae fungiformes finden, dann aber auch zerstreut in dem Epithel des weichen Gaumens und der Hinterfläche der Epiglottis liegen. Ihre Zahl ist

beim Neugeborenen sehr gross, erleidet aber im Laufe des Kindesalters eine ganz beträchtliche Reduktion (Stahr).

Es sind das schmälere oder dickere ovoide Knospen, welche in dem geschichteten Epithel immer die ganze Epitheldicke durchsetzen und so gestellt sind, dass ihre Längsachse senkrecht zur Oberfläche steht. An den Grund der Knospe treten die Nerven

Geschmacksstiftchen Geschmacksporus
Epithel
Geschmacks-
knospe
Tunica propria

Fig. 324.

Geschmacksknospe von der Papilla foliata eines Kaninchens.

Ca. 850 mal vergrössert.

heran, die Spitze der Knospe liegt im Grunde einer kleinen, etwa 4 μ weiten Öffnung, welche die oberflächlichen Zellschichten des Epithels in der Knospenachse frei lassen. Wir bezeichnen sie als den Geschmacksporus.

Wie jedes Neuroepithel setzt sich auch das der Geschmacksknospen aus Stütz- und Sinneszellen zusammen (Fig. 325).

Die Stützzellen lassen zwei Formen erkennen. Im Innern der Knospe sind sie gerade, gestreckt, nehmen von dem Geschmacksporus bis zur Knospenbasis allmählich an Dicke zu und enden mit fussförmigen kurzen Verzweigungen. In der Peripherie der Knospe sind die Zellen ähnlich gebaut, verlaufen aber mehr im Bogen. Alle Stützzellen besitzen einen grossen ovoiden Kern mit deutlichem Kernnetze. Ihr oberes Ende ist zugespitzt und mit einem feingestrichelten Cuticularsaum bedeckt (Hermann, Gråberg). Die Ausläufer der Zellbasis verbinden sich mit den Ausläufern

einer zweiten Art von Stützzellen, welche in Form grosser verästelter Zellen die Knospenbasis einnehmen (Basalzellen von Hermann).

Die Geschmackszellen oder Schmeckzellen sind lange, spindelige Gebilde, sie liegen überall, auch in der Knospenperipherie zwischen den Stützzellen. An einer Stelle, bald weiter oben, bald weiter unten zeigt die Spindel eine leichte Verdickung, welche einen länglichen Kern enthält, der immer beträchtlich kleiner ist, als der Stützzellenkern. Unten sitzt die Zelle mit etwas verbreitertem Fuss oder kleiner Verdickung dem Basalzellenlager auf, oben läuft sie in einen feinen Fortsatz, das Geschmacksstiftchen aus, welches aus dem Geschmacksporus herausragt.

Fig. 325.

Schema einer Geschmacksknospe (nach Gråberg).

Gp = Geschmacksporus, Gst = Geschmacksstiftchen, Gz = Geschmackszelle, Sz = Stützzelle, Bz = Basalzelle.

Jede Geschmacksknospe ist umgeben von einem perigemmalen Spaltraum, der nach oben mit dem Geschmacksporus, nach unten mit dem unter der Knospenbasis gelegenen subgemmalen Spaltraum in Verbindung steht.

Die Nerven, Zweige des Nerv. glossopharyngeus, bilden zunächst unterhalb einer jeden Knospe einen dichten subgemmalen Plexus; aus ihm treten einmal Fasern in die Knospe selbst ein und umspinnen mit ihren Verästelungen sämtliche Zellen im Innern der Knospe, intragemmale Fasern. Andere Fasern durchsetzen das geschichtete Epithel zwischen den Knospen, intergemmale Fasern, und bilden in der unmittelbaren Umgebung der Knospe ein dichtes Flechtwerk, den perigemmalen Plexus.

Allgemeine mikroskopische Technik.

Das Mikroskop.

Auf dem engen Raume, der uns hier zu Gebote steht, ist es ganz unmöglich, auch nur eine oberflächliche Besprechung von der Theorie und dem Bau des Mikroskops zu geben, wir wollen uns nur auf die folgenden allgemein orientierenden Bemerkungen beschränken. Jedem, der sich näher für unser Instrument interessiert, sei das kleine, aber treffliche Werkchen von S. Garten empfohlen: Leitfaden der Mikroskopie, II. Auflage, Leipzig 1904.

Zur Untersuchung histologischer Präparate dienen optische Instrumente, deren wesentlichster Bestandteil vergrössernde Linsen bilden. Wir unterscheiden von ihnen zwei Arten, die Lupe und das zusammengesetzte Mikroskop, schlechtweg auch als Mikroskop bezeichnet. Die Lupe besteht in ihrer einfachsten Form aus einer Konvexlinse, deren Vergrösserung von der Brennweite, deren Gesichtsfeldgrösse von dem Durchmesser abhängig ist. Da aber eine gewöhnliche einfache Linse beträchtliche Abbildungsfehler besitzt, so setzt man heutzutage auch jede Lupe aus mehreren miteinander verkitteten Teillinsen zusammen. So bestehen z. B. die bekannten aplanatischen Lupen aus einer mittleren bikonvexen Crownglaslinse, der jederseits ein Meniskus aus Flintglas aufgekittet ist. Die Lupenvergrösserung lässt sich jedoch aus theoretischen Gründen über ein gewisses Mass nicht hinaustreiben, dann muss an Stelle der Lupe das zusammengesetzte Mikroskop treten, das an Stelle der einen Linse zwei n bestimmtem Abstand stehende Linsensysteme besitzt, von welchen das dem Objekt nähere, das Objektiv, ein vergrössertes umgekehrtes Bild liefert, welches von dem zweiten, dem Auge des Beobachters benachbarten Linsensystem, dem Okular, wie von einer Lupe vergrössert wird. Wir können an jedem Mikroskop zwei Hauptbestandteile unterscheiden: den mechanischen Apparat und den optischen Apparat.

Der mechanische Apparat besteht aus einer metallenen Säule, welche aus einem meist hufeisenförmigen Fuss aufsteigt. Sie trägt einmal in einer gewissen Höhe einen runden oder viereckigen mit zentraler Öffnung versehenen Tisch, den Objekttisch, dann aber geht über dem letzteren von der Säule ein verschieden gestalteter Arm aus, mit dem eine federnde Metallhülse fest verbunden ist. In dieser Tubushülse lässt sich ein Metallrohr, der Tubus auf- und abschieben, also dem Objekttisch nähern und von ihm entfernen. Der Tubus birgt in seinem Innern den wesentlichsten Teil des optischen Apparates. Um die Tubusbewegung noch präziser, exakter und feiner zu machen, wird sie bei allen neueren Mikroskopen nicht wie bei älteren Konstruktionen durch direkte Verschiebung des Tubus in seiner Hülse, sondern mittelst besonderer Schraubvorrichtungen ausgeführt. Von ihnen unterscheiden wir zwei, die Triebschrauben und die Mikrometerschraube. Die ersteren finden sich meist an der Hinterfläche des Tubus mitten über dem Tubusarm angebracht, in Form von zwei vertikal stehenden, durch eine horizontale Achse verbundenen Schraubenköpfen und dienen zur groben Bewegung des Tubus. Von der Mikrometerschraube sehen wir meist nur den Kopf, der in Form einer Glocke, dem oberen Ende der Säule aufsitzt. Die Mikrometerschraube selbst, eine ausserordentlich fein und exakt geschnittene Stahlschraube liegt innerhalb der Säule selbst. Sie ist mit dem glockenförmigen Kopf fest verbunden, so dass durch Hin- und Herdrehen des letzteren der Tubusarm und damit natürlich auch der Tubus selbst um minimale Beträge auf- und abbewegt werden kann.

Der optische Apparat setzt sich zusammen aus den Beleuchtungsvorrichtungen, dem Objektiv und dem Okular. Da wir unsere Präparate fast ausschliesslich bei durchfallendem Licht beobachten, muss das Licht von unten her durch die früher erwähnte Objekttischöffnung und das auf ihr liegende Präparat hindurch in das Objektiv geworfen werden. Dazu dient im einfachsten Falle ein unter dem Objekttisch nach allen Richtungen beweglich angebrachter Doppelspiegel, der auf der einen Fläche plan, auf der anderen konkav geschliffen ist. Den ersteren verwenden wir im allgemeinen bei schwächeren, den letzteren für mittelstarke Vergrösserungen. Wollen wir Strukturdetails in unseren Präparaten möglichst scharf hervortreten lassen, so müssen wir uns bestreben die Beleuchtung so zu regeln, dass nur die zentralen Strahlen des Beleuchtungskegels in unser Präparat gelangen, die Mantelstrahlen dagegen abgeblendet werden. Zu dem Zwecke sind an der Unterfläche des Tisches Blendvorrichtungen angebracht, Scheibenblenden oder Zylinderblenden, heutzutage meist in Form der sog. Irisblende, durch welche die Randstrahlen in beliebiger Weise abgeblendet werden können. Wollen wir aber ein ganz gleichmässig und dabei möglichst intensiv beleuchtetes Gesichtsfeld haben, so bedienen wir uns des Abbe'schen Beleuchtungsapparates. Es ist das ein in fester Fassung angebrachtes Linsensystem, das von unten her in die Objekttischöffnung eingeschoben wird. Dasselbe

liefert uns ein verkleinertes Bild der leuchtenden Fläche (helle Wolke, Strumpf des Auerbrenners), welches in der Ebene unseres Präparates entworfen wird.

Das Objektiv wird an das untere Ende des Tubus angeschraubt und besteht im einfachsten Fall aus zwei Linsen, welche innerhalb einer Metallhülse in bestimmtem Abstand fest miteinander verbunden sind. In vielen Fällen, besonders bei den stärkeren Objektiven handelt es sich aber nicht um zwei, sondern drei, vier oder fünf derartig miteinander verbundene Linsen und jede derselben ist wieder aus zwei oder drei einzelnen durch Balsam verkitteten Teilstücken verschiedener Brechung und verschiedener Dispersion zusammengesetzt. Die vorderste, dem Objekt zugekehrte, Linse, die Frontlinse, ist immer eine einfache Plankonvexlinse, die ihre plane Fläche dem Objekt zukehrt, die übrigen im Inneren des Objektivs gelegenen Linsen sind Doppel- oder Tripellinsen. Die Frontlinse liefert im wesentlichen die Vergrösserung, die übrigen Linsen dagegen dienen zur Korrektion des von jener erzeugten Bildes. Je grösser die Frontlinse, um so schwächer die Vergrösserung und um so weiter der Abstand, den die Frontlinse und damit das ganze Objektiv vom Objekt haben muss. Bei sehr starken Objektiven beträgt dieser Abstand der Frontlinse von dem das Objekt bedeckenden Deckglas nur den Bruchteil eines Millimeters, so dass grosse Vorsicht bei der Anwendung geboten erscheint.

Der Wert eines Objektivs ist im hohen Grade abhängig von der numerischen Apertur. Wir verstehen darunter das Produkt aus dem Brechungsindex des Frontlinse und Deckglas trennenden Mediums und dem Sinus des halben Öffnungswinkels des Objektivs ($a = n \cdot \sin u$). Je grösser diese Apertur, um so höher ist das Auflösungsvermögen des Objektivs d. h. die Fähigkeit die Details der Struktur zur Darstellung zu bringen. Die Schärfe des Bildes, die Definition ist dagegen abhängig von der Vollkommenheit des Linsenschliffes und der genauen Einfügung der Linsen in die optische Achse (Zentrierung). Ausser dem Auflösungsvermögen und der Definition spielt noch die Achromasie des Objektivs eine grosse Rolle: das Objektiv muss so korrigiert sein, dass die roten und blauen Komponenten, in die jeder Lichtstrahl zerlegt wird, in möglichst vollkommener Weise wieder vereinigt werden. Am vollkommensten wird das erreicht durch die von Abbe unter Benutzung besonderer Glassorten konstruierten Apochromate.

Wir unterscheiden die Objektive in Trockensysteme und Tauch- oder Immersionssysteme. Bei den ersteren befindet sich zwischen Frontlinse und Deckglas Luft, bei den letzteren dagegen eine Flüssigkeit. Ein kleines Tröpfchen derselben wird auf das Deckglas gebracht und dann der Tubus so weit heruntergeschraubt, dass die Frontlinse gerade eintaucht. Da wir vorher sahen, dass die Güte eines Objektivs wesentlich von der Höhe der numerischen Apertur abhängt, so werden wir die Bedeutung dieser von Stephenson und von Abbe eingeführten Einrichtung leicht

verstehen. Bei einem Trockensystem kann der Wert der Apertur niemals 1 übersteigen, da n für Luft ja 1 ist und der Sinus des halben Öffnungswinkels immer unter 1 bleibt. Schalten wir aber zwischen Deckglas und Frontlinse z. B. Wasser ein und machen damit n = 1,33, so werden wir höhere Werte natürlich erhalten. Solche Wasserimmersionen finden aber seltener Verwendung, meistens bringen wir an Stelle des Wassertropfens einen Tropfen eingedickten Zedernöles, das einen Brechungsexponent von 1,51 hat und erreichen damit eine numerische Apertur von 1,30 und darüber.

Zum bequemen Wechseln der Objektive besitzen die grösseren Stative sogen. Objektivrevolver, die an das untere Tubusende angeschraubt werden und die Objektive, gewöhnlich drei, tragen.

Das Okular wird in das obere Tubusende eingeschoben. Es besteht gewöhnlich (Huyghen'sches Okular) aus zwei plankonvexen Linsen, die beide mit ihrer planen Fläche nach oben sehen und von denen die eine (Augenlinse) am oberen Ende, die andere (Kollektivlinse) am unteren Ende des Okulars angebracht ist. Beide Linsen sind um die halbe Summe ihrer Brennweiten voneinander entfernt. Da nun stärkere Linsen kürzere Brennweiten haben, so muss die Entfernung der Linsen d. h. die Länge des Okulars mit der Stärke der Vergrösserung abnehmen. Die Kollektivlinse verkleinert das Objektivbild und macht es heller und ebener. Da, wo sie ihr Bild entwirft, ist im Okular eine Blende angebracht. Die Augenlinse vergrössert dann einfach dieses Bild. Da das Okular mit der Zunahme seiner Vergrösserung dieselbe aus dem Objektiv ihm zugeführte Strahlenmenge auf eine immer grössere Fläche verteilt, so muss natürlich das Bild auch immer dunkler werden, deshalb kann man mit der Okularvergrösserung über ein gewisses Mass nicht hinausgehen (12 fach).

Einen anderen seltener gebrauchten Typus von Okularen stellen die Ramsden'schen Okulare dar. Sie bestehen nur aus einer als Lupe wirkenden Linsenkombination. Für Apochromate und auch starke Achromate benutzt man die Kompensationsokulare, die ein ausserordentlich farbenreines Bild erzeugen und eine stärkere, bis 18 fache Vergrösserung des Objektivbildes erlauben.

Die Vergrösserung, die ein zusammengesetztes Mikroskop liefert, berechnet man nach folgender Formel:

$$N = \frac{250}{f_1} \cdot \frac{\Delta}{f_2}$$

Dabei bedeutet f_1 die Brennweite des Objektivs, f_2 die des Okulars und Δ die Länge des Tubus, für gewöhnlich = 160. Sehr einfach wird die Berechnung bei Verwendung von apochromatischen Objektiven und Kompensationsokularen. Hier bedeutet die Nummer des Apochromats seine Brennweite, die Nummer des Okulars seine Eigenvergrösserung. Man

braucht also nur die Nummer des Apochromats in 250 zu dividieren und dann mit der Nummer des Okulars zu multiplizieren.

Schliesslich noch einige praktische Regeln für die Handhabung des Mikroskops.

a) Linsen und Spiegel dürfen nicht mit den Fingern angefasst werden. Von Staub und Schmutz reinigt man ihre Oberfläche am besten mittelst eines sauberen, weichen (recht oft gewaschenen) Leinwandlappens. Immersionsöl entfernt man mit einem in absoluten Alkohol oder Benzol getauchten Leinwandlappen und wischt sofort gut trocken nach. Niemals schraube man Objektivsysteme auseinander. Zeigen sich irgendwelche Trübungen, so überlasse man die Reinigung dem Optiker.

b) Die beste Lichtquelle ist der mit weissen Wolken bedeckte Himmel. Direktes Sonnenlicht muss absolut vermieden werden. Ein weisser Vorhang vor dem von der Sonne beschienenen Fenster liefert ebenfalls eine brauchbare Lichtquelle. Von künstlichen Lichtquellen kommen in Betracht das Gasglühlicht (Auer'sche Brenner) und die elektrische Glühlampe (am besten Nernst'sche Lampen).

c) Für schwächere Objektive benütze man zur Beleuchtung den Planspiegel, für mittelstarke den Konkavspiegel; Immersionssysteme erfordern einen Abbe'schen Beleuchtungsapparat.

d) Für schwache Trockensysteme nehme man weite Blende, für stärkere Trockensysteme engere Blende. Je enger die letztere gewählt wird, um so dunkler, aber auch um so schärfer wird das Bild.

e) Je stärker das Objektiv, um so geringer ist der Abstand seiner Frontlinse vom Deckglas.

f) Man durchmustere stets jedes Präparat zunächst mit schwachem Objektiv, stelle sich die näher zu untersuchende Partie genau in die Mitte des Gesichtsfeldes ein und untersuche dieselbe dann mit stärkeren Objektiven.

g) Zur Erzielung einer stärkeren Vergrösserung benutze man zunächst immer ein stärkeres Objektiv mit schwachem Okular, denn neue Details deckt nur das erstere auf, das stärkere Okular bringt nichts Neues in das mikroskopische Bild.

h) Da jedes mikroskopische Präparat eine gewisse, manchmal sogar eine recht beträchtliche Dicke hat, stärkere Objektive aber keine Tiefe besitzen, so muss für jede Ebene des Präparates die Einstellung eine andere sein. Man wird also die Mikrometerschraube fleissig benutzen müssen.

i) Zur groben Einstellung benutze man nie die Mikrometerschraube. Fühlt man beim Umdrehen der letzteren einen Widerstand, so höre man sofort auf zu drehen und suche nach der Ursache. Entweder sitzt die Frontlinse schon auf dem Deckglas oder die Mikrometerschraube ist ausgedreht und muss zurückgeschraubt werden.

k) Man lasse niemals das Mikroskop ohne Okular oder mit offenem Revolver stehen, da sonst die Linsen des Objektivs verstauben.

Das Herstellen mikroskopischer Präparate.

Tierische und menschliche Organe können entweder lebensfrisch oder in konserviertem Zustande untersucht werden. Die erstere Untersuchungsart ist von dem höchsten Interesse und sollte, wenn irgendwie möglich niemals vernachlässigt werden, denn es ist stets zu bedenken, dass jede Konservierung Veränderungen unseres Objektes mit sich bringt, deren richtige Beurteilung durchaus nicht immer ganz leicht ist.

Ohne weitere Präparation lassen sich nur ganz wenig Objekte mikroskopisch untersuchen. Ohne weiteres ist das möglich bei Flüssigkeiten, wie Blut, Lymphe, Sperma etc. Man bringe ein Tröpfchen derselben auf einen reinen Objektträger und bedecke sofort mit einem vorher gut gereinigten Deckglas [1]). Um die Eintrocknung des Präparates zu verhindern, umrandet man das Deckglas mit einem Deckglaskitt (vorzüglich ist der Krönig'sche Kitt). Auf ähnliche Weise kann man auch dünne Häute, wie das Omentum, Mesenterium, Hirnhäute etc. untersuchen. Man breitet sie auf dem Objektträger aus, setzt einen Tropfen einer indifferenten Flüssigkeit zu und umrandet. Man nehme möglichst wenig Flüssigkeit, damit sie nicht über den Deckglasrand hinüberfliesst.

Als indifferente Flüssigkeiten dienen vor allem folgende:

a) Kammerwasser, Humor aqueus, aus der vorderen Augenkammer eines beliebigen Tieres,

b) Blutserum, am besten desselben Tieres,

c) Fruchtwasser kann man sich in beliebiger Menge von jedem Schlachthof verschaffen durch Aufschneiden des Fruchtsackes eines grösseren Tieres. Man setzt soviel Jodtinktur zu, dass die Flüssigkeit hell bernsteinfarbig wird. Solches Jodserum hält sich unbegrenzt lang, wenn man von Zeit zu Zeit immer wieder etwas Jodtinktur zusetzt.

d) Physiologische Kochsalzlösung enthält für Kaltblüter 0,6—0,7 % Kochsalz, für Warmblüter 0,8—0,9 %.

e) Ringer'sche Flüssigkeit besteht aus: Chlornatrium 6,0 g, Chlorkalium 0,3 g, Chlorcalcium 0,1 g, Chlormagnesium 0,3 g, Natriumphosphat 0,5 g, Natriumbikarbonat 1,5 g, Glukose 1,0 g und Wasser 1000 ccm.

Kompaktere Organe können wir ohne weiteres nicht unter das Mikroskop bringen, da sie ja meist undurchsichtig sind, sie müssen deshalb vorher in zweckentsprechender Art zerkleinert werden. Die Zerkleine-

---

[1]) Auch unbenutzte Deckgläser und Objektträger müssen vor dem Gebrauche gereinigt werden, am besten so, dass man sie einige Zeit in dünnen (30 proz.) Alkohol legt und dann mit einem sauberen Leinwandtuch trocken reibt.

rung kann so erfolgen, dass wir mit der Schere ein kleines Stückchen abschneiden, es auf den Objektträger in einen Tropfen indifferenter Zusatzflüssigkeit bringen, es nun rasch mittelst zweier Präpariernadeln zerzupfen und mit dem Deckglas bedecken. Auf solche Weise lassen sich brauchbare Präparate von der Muskulatur, den Nerven und manchen anderen Organen herstellen.

Oder aber wir zerhacken das auf den trockenen Objektträger gebrachte Stückchen rasch mit einem scharfen Skalpell oder noch besser einem Rasiermesser und setzen dann die Zusatzflüssigkeit zu. Diese Hackmethode eignet sich vorzüglich für die Untersuchung der quergestreiften Muskulatur und der Netzhaut.

Viele Objekte lassen sich aber auf diese Weise nicht zerkleinern, da ihre Elemente zu fest zusammenhalten. Wir suchen deshalb durch chemische Mittel den Zusammenhang zu lockern, solche Mittel bezeichnen wir als Isolationsmittel.

Isolationsmittel.

Bei vielen Geweben tritt nach dem Absterben von selbst eine Lösung der ihre Elemente verbindenden Kittsubstanz ein, eine Mazeration. Wir können dementsprechend die Objekte in eine Flüssigkeit bringen, welche die Mazeration nicht verhindert oder gar befördert, aber die Fäulnis und Bakterienentwickelung hintanhält. Von solchen Mazerationsflüssigkeiten wären zu nennen:

a) Jodserum, bereits oben erwähnt. Man nehme, und das gilt für alle Mazerationsmittel, kleine Stückchen und wenig Flüssigkeit. Die Zeitdauer schwankt nach der Aussentemperatur und der Natur des Gewebes zwischen 24 Stunden und mehreren Tagen. Ist das Gewebe gut mazeriert, so kann man es durch einfaches Schütteln in seine Elemente zerlegen und dann ein Tröpfchen der Flüssigkeit unter das Deckglas bringen. Eignet sich für alle Arten von Epithelien, Riechschleimhaut, Retina etc.

b) Ranvier's Drittelalkohol. Man mische 1 Teil 90 proz. Alkohol mit 2 Teilen dest. Wasser. Die Wirkung ist die gleiche, wie bei dem vorigen, die Dauer der Einwirkung etwas kürzer. Man kann solche Präparate auch noch sehr gut färben. Man mazeriere z. B. den aufgeschnittenen Froschdarm 24 Stunden in Drittelalkohol, übertrage das Stück vorsichtig für die gleiche Zeit in Alaunkarmin und zerschüttele dann in destilliertem Wasser. Die groben Fetzen entferne man mit der Pinzette, lasse die Flüssigkeit eine Stunde absetzen und entnehme nun mit der Pipette ein Tröpfchen vom Sediment.

c) Kalilauge oder Natronlauge löst viele Kitt- und Bindesubstanzen in kürzester Zeit. Wir benutzen sie meist in Form der Moleschott'schen Lösung. 33,5 g Ätzkali oder -natron werden unter stetem Umschwenken und Abkühlen des Gefässes in kaltem Wasser in 66,5 ccm destilliertem Wasser gelöst. Glatte und quergestreifte Muskeln

werden unter beträchtlicher Schrumpfung in dieser Lösung in 15 bis 20 Minuten isoliert, dann zerschüttelt und in derselben Flüssigkeit untersucht. Dabei sind die Linsen des Mikroskops sorgfältig vor der Berührung mit der Lauge zu schützen (siehe auch Untersuchung des Muskelgewebes). Nägel und Haare, erstere 3—5 Stunden, letztere ebensoviel Tage isoliere man in 4,6 proz. Lauge.

d) Salzsäure oder Salpetersäure in Form der konzentrierten Säuren der Apotheken sind vorzügliche Isolationsmittel für alle möglichen Drüsen, vor allem für die Niere. Die Stücke können ziemlich gross sein, 0,5 cm dick. Nach 24 Stunden überträgt man in mehrfach zu wechselndes Wasser und sucht dann die Kanälchen durch vorsichtiges Schütteln oder Zerteilen der Stückchen mit Nadeln im Uhrschälchen auf möglichst weite Strecken zu isolieren.

Eine zweite Art unsere Objekte zu zerkleinern stellt die Schnittmethode dar. Im einfachsten Falle bedienen wir uns zum Schneiden eines guten Rasiermessers. Man kann mit einem solchen bei einiger Übung von gewissen Organen ganz brauchbare, dünne Schnitte herstellen. Am leichtesten schneidet sich der Knorpel, viel weniger leicht Niere und Leber und bei Gehirn und Darm z. B. ist die Konsistenz eine solche, dass im frischen Zustand die Anfertigung brauchbarer Schnitte so gut wie unmöglich ist.

Wir müssen solchen Objekten eine härtere Konsistenz verschaffen und das geschieht am einfachsten durch das Gefrieren. Man hat besondere Instrumente konstruiert, bei welchen das Objekt meist durch die Wirkung eines Äthersprays gefroren und dann durch ein automatisch geführtes Messer in beliebig feine Schnitte zerlegt wird. Mit solchen Gefriermikrotomen kann man von den meisten Organen ganz vorzügliche Schnitte herstellen, die sich für histologische Untersuchungen durchaus brauchbar erweisen. Eine zweite Art dem Gewebe eine härtere Konsistenz zu verleihen, beruht darauf, dass wir ihm sein Wasser entziehen und zwar meistens vermittelst Alkohols von steigendem Prozentgehalt. Diese Methode bringt aber gleichzeitig auch eine Konservierung des Objekts mit sich und leitet uns zu der zweiten Gruppe von Methoden über, zur Untersuchung des konservierten Objektes.

Fixation.

So wichtig auch die Untersuchung des frischen Objektes ist, sie wird immer ergänzt werden müssen durch die Untersuchung gut konservierter Objekte. Für die Konservierung handelt es sich zunächst darum, das Objekt abzutöten und seine labilen, leicht vergänglichen Eiweisskörper in möglichst stabile, unveränderliche Modifikationen überzuführen. Diesen Prozess bezeichnen wir als Fixation. Wir bedienen uns zum Zwecke der Fixation immer eiweissfällender, eiweisskoagulierender Reagenzien. Wir müssen dabei bestrebt sein, die Form der unser Objekt zusammensetzenden

Elementarteile so zu erhalten, wie sie intra vitam war. Leider ist das aber so gut, wie niemals der Fall und es ist deshalb bei Beurteilung konservierter Präparate immer eine gewisse Vorsicht am Platze.

Zunächst einige allgemeine Regeln für die Fixation:

a) Die zu fixierenden Objekte sollen in möglichst kleinen Stückchen dem lebenswarmen Organismus entnommen werden. Je kleiner das Stück, um so besser fällt im allgemeinen die Fixation aus, da die fixierenden Flüssigkeiten nur schwer und unvollkommen in die Tiefe dringen. Manche dringen zentimetertief und noch tiefer, andere nur wenige Millimeter tief ein. Die einen dringen rasch, die anderen nur sehr langsam ein. Je stürmischer ein Fixationsmittel das Eiweiss koaguliert, um so schwerer dringt es auch im allgemeinen ein.

b) Die zu entnehmenden Stückchen sollen rasch in die fixierende Lösung gebracht und nicht unnötigerweise mit Pinzetten angefasst werden.

c) Die Menge der Fixierungsflüssigkeit soll den Kubikinhalt des zu fixierenden Objektes um das 50—100 fache übertreffen.

d) Einmal gebrauchte Fixierungsflüssigkeit darf im allgemeinen nicht noch einmal benutzt werden.

e) Die Fixierungsflüssigkeit soll möglichst von allen Seiten an das Objekt herantreten können, deshalb wird man das letztere auf eine lockere Schicht Watte oder Glaswolle legen oder noch besser in der Lösung aufhängen.

f) Die Fixierungsflüssigkeit darf nur eine bestimmte Zeit lang einwirken und muss dann in bestimmter Weise (gewöhnlich durch Auswaschen) wieder aus dem Objekt entfernt werden.

Wir wollen nun aus der grossen Zahl von Fixationsgemischen im folgenden einige kurz anführen, mit welchen der Anfänger auskommen wird.

1. Absoluter Alkohol. Gutes Fixationsmittel für viele Zwecke und zugleich Härtungsmittel. Das Objekt werde in die oberen Schichten der Flüssigkeit aufgehängt. Dauer der Einwirkung 24 Stunden.

2. Carnoy'sche Lösung. Gemisch von 6 Teilen absolutem Alkohol, 3 Teilen Chloroform und 1 Teil Eisessig. Fixiert ausserordentlich rasch, 15—30 Minuten, dann Einlegen in öfter zu wechselnden absoluten Alkohol.

3. Formalin. Man verwende eine 10—20 proz. wässerige Lösung des käuflichen Präparats und fixiere 24 Stunden. Man kann ziemlich grosse Stücke nehmen und dieselben auch beliebig lange in dem Formalin lassen, was für viele Zwecke von grosser Bedeutung ist. Nach der Fixation kann man kurz in fliessendem Wasser auswaschen.

4. Müller'sche Flüssigkeit. 2,5 g Kalium bichromicum und 1 g Natrium sulfuricum gelöst in 100 ccm Wasser. Früher sehr viel benutzt, heute nur noch von Bedeutung für die Bearbeitung des Zentralnervensystems. Man kann darin ein menschliches Gehirn in toto fixieren.

Man nehme grosse Quantitäten der Flüssigkeit, fixiere je nach der Grösse des Stückes mehrere Tage bis mehrere Wochen und wechsele anfangs täglich. Nach der Fixation auswaschen 24 Stunden in fliessendem Wasser.

5. Sublimat. Man erhitze auf dem Wasserbad 0,7 proz. Kochsalzlösung und löse in derselben soviel festes Sublimat, als sich lösen will. Dann lässt man erkalten und benutzt die über den nun ausschiessenden Kristallen stehende klare Lösung. Man setze derselben vor dem Gebrauch auf 100 ccm 1—2—3 ccm Eisessig zu, fixiere kleine Stückchen 12 bis 24 Stunden und wasche dann in fliessendem Wasser 24 Stunden aus.

6. Zenker'sche Lösung. Müller'sche Flüssigkeit wird auf dem Wasserbad erhitzt und dann auf 100 ccm 5 g festes Sublimat zugesetzt. Unmittelbar vor dem Gebrauch fügt man zu 100 ccm der Lösung 5 ccm Eisessig. Dauer der Fixation wie bei Sublimat. Die Nachbehandlung der in Sublimat und Zenker'scher Lösung fixierten Objekte siehe S. 484.

7. Osmiumtetroxyd. Diese gewöhnlich als Osmiumsäure bezeichnete, recht kostspielige (1 g 7—8 Mark) Substanz kommt in den Handel in zugeschmolzenen Röhrchen zu 0,5—1 g. Man feile ein solches Röhrchen von 0,5 g, nachdem man es gut abgewaschen und getrocknet hat, vorsichtig an und halte dann einen weissglühenden Glasstab an die Feilstelle. Man kann dann das Rohr ohne Verlust bequem öffnen und werfe beide Teilstücke mit Inhalt in ein sorgfältig gereinigtes, mit gut schliessendem Glasstöpsel versehenes, braunes Glas, das 25 ccm destilliertes Wasser enthält. Auf diese Weise erhält man eine 2 proz. Osmiumsäurelösung. Die Lösung erfolgt (öfter umschütteln) in 24 Stunden. Wir verwenden die Osmiumsäure hauptsächlich in Form der folgenden Flüssigkeit.

8. Flemming'sche Flüssigkeit. Sie besteht aus 15 ccm 1 proz. wässeriger Chromsäure, 4 ccm 2 proz. wässeriger Osmiumsäure und 1 ccm Eisessig. Die Stückchen sollen recht klein sein, nicht über 3—4 mm dick. Einwirkung 24 Stunden bis mehrere Tage. Nach der Fixation 24 Stunden auswaschen in fliessendem Wasser.

Die Vorbehandlung zum Mikrotomieren.

Von den Zerkleinerungsmethoden hat unsere moderne histologische Technik vor allem die Schnittmethode in ausserordentlich vollkommener Weise ausgebildet. Man schneidet nicht mehr mit der Hand, sondern man bedient sich dazu höchst subtil und kompliziert gebauter Instrumente, der Mikrotome. Ihr Gebrauch setzt wieder eine komplizierte Vorbehandlung der Objekte voraus, die darin gipfelt, dass wir das zu schneidende Objekt mit einer erhärtenden Masse durchtränken und mit ihr umgeben. Als solche Massen kommen vor allem in Betracht das Paraffin und das Zelloidin. Beide sind in Wasser unlöslich, das Paraffin ist löslich in Xylol, Chloroform und ähnliche Solvenzien, das Zelloidin in einer Mischung von Äther und absolutem Alkohol. Wollen wir eine vollkommene Durchtränkung erreichen, so müssen wir die Objekte in eine der genannten

Flüssigkeiten, die wir als Intermedien bezeichnen, zunächst überführen. Zu diesem Zwecke müssen wir aber zuerst das Objekt vollkommen wasserfrei machen, so dass dasselbe, nachdem es fixiert und ausgewaschen ist, nun der Reihe nach die folgenden Operationen durchzumachen hat: es wird zunächst entwässert, dann mit dem Intermedium durchtränkt und endlich in Paraffin oder Zelloidin eingebettet.

Die Entwässerung.

Zur Entwässerung der fixierten und nachher gewaschenen Objekte benutzen wir ganz allgemein den Alkohol und zwar in steigender Konzentration. Wir bringen das Objekt, um Schrumpfungen zu vermeiden, nicht direkt aus dem Wasser etwa in absoluten Alkohol, sondern zuerst in ganz dünnen und allmählich in immer stärkeren Alkohol. Je langsamer die Verstärkung, um so besser das Resultat. Man beginne mit 20 oder 40 proz. Alkohol und steige immer um 10%. Wie lange man in jedem einzelnen Alkohol das Objekt verweilen lässt, hängt von der Grösse des Stückes ab, im allgemeinen werden 12 Stunden genügen, so dass man immer morgens und abends wechselt und nach 5 oder 4 × 24 Stunden das Objekt sich in absolutem Alkohol befindet. Der letztere wird, um das Objekt vollkommen wasserfrei zu machen, mindestens einmal gewechselt. Selbstverständlich bedeutet die Fixation in absolutem Alkohol oder Carnoy eine beträchtliche Zeitersparnis, denn sie liefert uns schon 24 oder höchstens 48 Stunden nach der Entnahme ein vollkommen wasserfreies Objekt.

Eine besondere Besprechung erfordern noch die in Sublimat und Zenker fixierten Objekte. Es gelingt bei ihnen nämlich nicht, sämtliches Sublimat durch das Auswaschen zu entfernen und es erscheinen dann später in den Schnitten recht hässliche, störende Kristalle. Um dem vorzubeugen, jodieren wir das Objekt dann, wenn es in 70- oder 80 proz. Alkohol angelangt ist, indem wir diesem Alkohol tropfenweise Jodtinktur zusetzen, bis er ungefähr die Farbe von dunklem Tee oder Bier angenommen hat. Der Jodalkohol löst die Sublimatkristalle und entfärbt sich gleichzeitig. Da er nun schwerer ist als die übrige Jodlösung, bildet er eine farblose Bodenschicht um das Objekt herum. Wir müssen deshalb den 80 proz. Jodalkohol so lange wechseln, als noch eine Entfärbung eintritt. Ist das nicht mehr der Fall, so steigen wir in der gewöhnlichen Weise mit dem Prozentgehalt des Alkohols weiter an.

Die Intermedien.

Wir haben eine grosse Anzahl von Intermedien für die Paraffineinbettung, d. h. Flüssigkeiten, welche sich mit absolutem Alkohol in jedem Verhältnis mischen und Paraffin gut lösen. Für die Zwecke des Anfängers genügen entweder Xylol oder Chloroform. Beide haben gewisse Vorzüge und gewisse Nachteile. Wir übertragen das Objekt auch hier wiederum nicht direkt von einer Flüssigkeit in die andere, sondern stellen uns zwei

Mischungen her: 1. ein Teil Intermedium und zwei Teile absoluter Alkohol und 2. zwei Teile Intermedium und ein Teil absoluter Alkohol. Nachdem das Objekt in jeder derselben 4—12 Stunden (bei Chloroform länger als bei Xylol) verweilt hat, kommt es erst in das unvermischte Intermedium für 12—24 Stunden.

Für die Zelloidineinbettung dient als Intermedium eine Mischung von gleichen Teilen absolutem Alkohol und Äther. In sie wird das Objekt direkt aus dem absoluten Alkohol übertragen und verweilt in ihr 24 Stunden.

Die Paraffineinbettung.

Paraffin ist ein fester Kohlenwasserstoff der Sumpfgasreihe, dessen Schmelzpunkt zwischen 38° und 85° schwankt. Wir wählen für unseren Gebrauch meist zwei Paraffine, ein leicht schmelzbares von 38° und ein schwerer schmelzbares von 58°. Wir können unser Objekt natürlich nur mit verflüssigtem, d. h. also erhitztem Paraffin durchtränken und bedienen uns zu diesem Zweck eines Thermostaten, gewöhnlich als Paraffinofen bezeichnet, der mittelst konstanter Gas- oder Petroleumheizung dauernd auf einer bestimmten Temperatur gehalten werden kann. Am vorteilhaftesten ist ein Thermostat mit Aufsatz. Im unteren Fach haben wir dann eine Temperatur von 57—58°, im Aufsatz eine solche von 38—40°. Zum Durchtränken bedient man sich am besten kleiner Email- oder Glasschalen. Man fülle eine derselben mit dem zerkleinerten schwer schmelzbaren Paraffin (58°) und stelle sie am Tage vor der Einbettung in das untere Fach, eine andere mit dem leicht schmelzbaren Paraffin (38°) kommt in den Aufsatz.

Es sollen bei der Durchtränkung schroffe Temperaturwechsel nach Möglichkeit vermieden werden. Man wird deshalb das die Objekte in dem Intermedium enthaltende Glas zunächst für 1 Stunde in den Aufsatz bringen, dann wärmen sich die Objekte langsam auf 40° an. Nun überträgt man dieselben mit einem Spatel aus dem Intermedium in die Schale mit dem flüssigen Paraffin von 38° und stellt nun die Schale in das untere Fach. Hier erfolgt innerhalb 2—3 Stunden langsam die Erwärmung auf 58°, gleichzeitig aber diffundiert auch das Intermedium in das flüssige Paraffin. Nun kann man das Objekt mit erwärmtem Spatel in die Schale mit dem flüssigen Paraffin von 58° übertragen, in dem nun die definitive Durchtränkung erfolgt.

Wie lange soll die Durchtränkung dauern? Das ist eine schwer zu beantwortende Frage und im wesentlichen Erfahrungssache. Grössere Stücke brauchen natürlich länger als kleinere. Objekte, die allseitig von dickem Epithel umgeben sind, durchtränken sich schwerer wie solche mit freien Flächen. Am unangenehmsten sind grosse Hohlräume, wie wir sie z. B. im Gehörorgan, in den Baucheingeweiden haben; aus ihnen entweicht die Luft nur sehr schwer und langsam. Als allgemeine Regel kann man aufstellen, dass man die Objekte nicht länger im Thermostaten

lassen soll, als unumgänglich nötig ist, dass aber schroffe, unvermittelte Temperaturerhöhung viel schädlicher ist als ein längeres Verweilen im Thermostaten. Für kleine Stückchen werden im allgemeinen 3—4 Stunden genügen.

Will man noch schonender verfahren, so schiebe man zwischen Chloroform als Intermedium und Weichparaffin eine konz. Lösung von letzterem in ersterem. Man überträgt das Objekt aus reinem Chloroform in diese Mischung und stelle das Glas offen in den Aufsatz. Dann verdunstet das Chloroform über Nacht und man hat nun das Objekt in reinem Paraffin und kann es in obiger Weise weiterbehandeln.

Nach vollendeter Durchtränkung handelt es sich dann darum, unser Objekt in einen Paraffinblock von handlicher Form zu bringen. Wir bedienen uns dazu am besten zweier Metallwinkel, welche auf eine Glasplatte aufgesetzt werden und zusammengelegt einen rechteckigen Raum umschliessen. Wir stellen diesen Einbettungsrahmen mit seiner Grundplatte für kurze Zeit, um ihn anzuwärmen in den Thermostaten, füllen ihn dann mit dem flüssigen Hartparaffin und legen in das letztere, in richtiger Weise orientiert, das Präparat. Eine grosse Schale mit kaltem Wasser stehe in Bereitschaft. In sie wird vorsichtig der ganze Rahmen mit Platte eingesenkt und nun reichlich kaltes Wasser zufliessen gelassen. Nach einigen Minuten lässt sich der erstarrte Paraffinblock aus dem Rahmen lösen und ist nach 1—2 stündigem Verweilen fertig zum Mikrotomieren.

Die Zelloidineinbettung.

Zelloidin ist nichts anderes als eine eingedickte und in Platten ausgegossene Lösung von Kollodium. Man zerschneide die Platte in recht kleine dünne Stückchen und stelle die letzteren in einer offenen Schale zum Trocknen, das nach 2—3 Tagen vollendet ist. Dabei schrumpfen die Stückchen zu einer hornartigen Masse zusammen. Man bringe die von einer ganzen Tafel gelieferten Spähne in eine gut verschlossene Flasche mit 125 ccm absolutem Alkohol. Wenn nach 24 oder 48 Stunden die Spähne zu einer glasigen Masse in dem Alkohol aufgequollen sind, füge man zu 125 ccm wasserfreien Äther. Unter öfterem Umschütteln und Umrühren erfolgt dann in 2—3 Tagen die völlige Lösung und man erhält eine sirupdicke Zelloidinlösung, die Stammlösung.

Die aus der Äther-Alkoholmischung kommenden Objekte werden in eine dünne Zelloidinlösung gebracht, welche man sich herstellt durch Verdünnung von 1 Teil Stammlösung mit 5 Teilen Äther-Alkohol. Nach 4—8 Tagen kommen sie in eine Zelloidinlösung von 1 Teil Stammlösung und 3 Teilen Äther-Alkohol, nach ferneren 4—8 Tagen in gleiche Teile Stammlösung und Äther-Alkohol und schliesslich in reine Stammlösung. Je dünner die Zelloidinlösung, um so leichter dringt sie ein, je langsamer die Steigerung der Konsistenz, um so vollkommener die Durchtränkung.

Hat das Objekt 8 Tage in der Stammlösung verweilt, so giessen wir es mitsamt der letzteren in eine passende Glasdose und bedecken diese mit einer Glasplatte. Es verdunstet nun langsam der Äther-Alkohol und die Lösung wird allmählich immer konsistenter. Man kann das Verdunsten durch Einlegen eines Stückchens Karton zwischen dem Rand der Glasdose und dem Deckel beschleunigen. Ist die Verdunstung nach einigen Tagen so weit vorgeschritten, dass die Oberfläche vollkommen erstarrt ist, so umschneidet man das Objekt, deckt es wieder zu und kann es dann am folgenden Tag definitiv herausschneiden. Man klebt den Block mit einem Tropfen Stammlösung auf einen Holzblock, den man vorher längere Zeit in ab und zu gewechseltem starken Alkohol auf dem Paraffinofen hat stehen und dann trocknen lassen und stellt nun Block mit Objekt unter eine Glasglocke. Nach ca. 1 Stunde kommt der Block in 70 proz. Alkohol, indem er beliebig lang aufgehoben werden kann. Ist der Block nicht hart genug, so überträgt man ihn in eine Mischung von 1 Teil 80 proz. Alkohol und 6—30 Teilen Glyzerin. Hier wird er härter und gewinnt an Durchsichtigkeit.

Wie man sieht, gestaltet sich die Zelloidineinbettung ungleich viel langwieriger als die Paraffineinbettung, aber sie hat manche Vorteile vor ihr, deren wichtigster darin zu suchen ist, dass bei ihr eine Erhitzung des Objekts gänzlich vermieden wird.

Das Mikrotom.

Wir besitzen sehr verschiedenartig konstruierte Mikrotome. Hier soll nur das kleine Mikrotom von Schanze kurz beschrieben werden, das mit hinreichender Präzision grosse Stabilität und Einfachheit verbindet und deshalb für den Anfänger am geeignetsten erscheint. Aus einer schweren Grundplatte erhebt sich eine Vertikalplatte, mit welcher auf der rechten Seite die Bahn für den Messerschlitten fest verbunden ist. Auf den letzteren, einem schwereren Metallklotz, wird das Messer aufgeschraubt. Auf der anderen Seite ist mit der Vertikalplatte eine senkrecht gestellte Bahn verschraubt, in welcher der Objektschlitten auf- und abläuft; der Objektschlitten trägt die in allen Ebenen des Raumes verstellbare Objektklammer. Der Objektschlitten ruht auf der Spitze einer sehr exakt und fein geschnittenen Schraube, welche die Achse einer horizontal liegenden grossen Teilscheibe bildet. Wird die Scheibe nach rechts gedreht, so hebt sich der Objektschlitten, bei der Drehung nach links senkt er sich. Die Teilung ist so ausgeführt, dass eine Drehung um einen ganzen Teilstrich den Objektschlitten um 10 μ hebt. Man kann mittelst dieses Instruments Schnittdicken von 2—3 μ erzielen.

Beim Mikrotomieren achte man vor allem darauf, dass Messer und Block absolut festsitzen. Sehr wichtig ist die Stellung des Messers zur Horizontalebene, beide müssen, will man gute Schnitte erhalten, einen bestimmten Winkel bilden oder dieser Winkel darf, richtiger gesagt, unter

einen bestimmten Wert nicht heruntergehen. Zur bequemen Regulierung dienen verstellbare Messerhalter. Die Schnittfläche muss matt sein, spiegelt sie, so ist das ein Zeichen, dass der oben erwähnte Winkel zu klein ist die Schneidefazette poliert die Schnittfläche.

Gegen das leidige Rollen der Schnitte hilft ein feiner Aquarellpinsel, mittelst dessen man den Schnitt vorsichtig hält, sobald er anfängt sich zu rollen.

Wir schneiden Paraffinblöcke mit quergestelltem Messer, doch ist auch eine halb schräge Stellung des Messers hier oft recht vorteilhaft. Für Zelloidinblöcke dagegen ist die schräge Messerstellung nötig.

Die Paraffinblöcke werden trocken geschnitten. Das Messer muss ganz rein sein. Wird das Messer mit Paraffin beschmutzt, so muss es mit einem weichen, mit Xylol durchtränkten leinenen Lappen gereinigt werden.

Der Zelloidinblock wird dagegen, ebenso wie das Mikrotommesser, nach jedem Schnitte mittelst eines weichen Pinsels mit 70 proz. Alkohol befeuchtet. Mit demselben Pinsel nehmen wir behutsam die Schnitte von der oberen Fläche des Messers ab und bringen dieselben in ein 70 proz. Alkohol enthaltendes Gefäss, wo sie einige Zeit bis zur weiteren Behandlung liegen bleiben können.

Das Aufkleben der Schnitte.

Da Schnitte von 5—15 μ Dicke, wie wir sie für histologische Untersuchungen meist benötigen bei allen weiteren Manipulationen leicht zerreissen würden, so müssen wir sie auf den Objektträger oder auch auf das Deckglas aufkleben. Für Paraffinschnitte empfiehlt sich dabei folgendes Verfahren. Auf den sehr sorgfältig gereinigten Objektträger oder das Deckglas wird eine minimale Menge Eiweissglyzerin mit einem Glasstab aufgetragen. Diese Masse stellen wir uns so her, dass wir das Eiweiss eines Hühnereies schlagen und dann durch ein mit destilliertem Wasser angefeuchtetes Filter filtrieren. Man vermische nun gleiche Teile von dem filtrierten Eiweiss und reinem Glyzerin und setze der Mischung, um Fäulnis zu verhüten, einige Stückchen Kampher, Thymol- oder auch 1 % Natriumsalizylat zu. Von dieser Mischung nehme man, wie gesagt nur eine Spur, hauche das Glas an und verreibe nun die Masse rasch mit der Fingerkuppe. Es muss dann die Eiweisschicht gerade nur als Hauch auf dem Glas liegen. Ist sie zu dick, so erhält man schmierige Präparate. Auf diese Schicht bringen wir nun einige Tropfen destilliertes Wasser, das handwarm ist und ordnen die Schnitte auf der sich auf dem Eiweiss rasch ausbreitenden Wasserschicht. Dann überträgt man sofort den mit Schnitten beschickten Objektträger in den Aufsatz des Paraffinofens, also in eine Temperatur von ca. 40°. Dann werden sich die vorher faltigen Schnitte sehr bald glätten, das Wasser verdunstet und nach Verlauf von ca. 12 Stunden haften die Schnitte vollkommen fest auf dem Glase, so dass

wir nun mit dem Objektträger resp. dem Deckglas alle weiteren Prozeduren vornehmen können.

Man kann auch das Eiweissglyzerin weglassen und die Schnitte direkt in einigen Tropfen dest. Wasser oder 30 proz. Alkohol auf dem Objektträger in den Aufsatz des Paraffinofens bringen, doch müssen dann die Objektträger absolut sauber sein und auch dann wird einem ab und zu ein Schnitt bei der Weiterbehandlung wegschwimmen.

Zelloidinschnitte brauchen nicht aufgeklebt zu werden, da ihnen die nicht zu entfernende Einbettungsmasse einen genügenden Halt verleiht. Will man doch aufkleben, so empfiehlt sich das folgende von Rubaschkin vorgeschlagene Verfahren. Die Schnitte werden aus dem 70 proz. Alkohol in ein Schälchen mit 90 proz. Alkohol übertragen. Dann ordnet man die Schnitte auf dem dünn mit Eiweissglyzerin bestrichenen Objektträger und tropft eine Mischung von gleichen Teilen Anilin und Nelkenöl auf; sobald die Schnitte klar und durchsichtig geworden sind, kleben sie auch fest, man entfernt dann das Anilin-Nelkenöl durch Abspülen in 90 proz. Alkohol, überträgt in 70 proz. Alkohol und kann nun alle weiteren Manipulationen mit dem Objektträger vornehmen.

Die Färbung.

Der Zweck der Färbung ist gewisse Strukturdetails der Zellen und Gewebe hervorzuheben, die uns das ungefärbte Präparat nur sehr unvollkommen oder gar nicht zeigt. Zu diesem Zwecke behandeln wir das Präparat mit der Lösung eines oder mehrerer Farbstoffe und erreichen bei richtiger Auswahl und Behandlung, dass sich die verschiedenen Bestandteile eines Gewebes entweder in verschiedenen Nuancen oder in verschiedener Intensität einer Farbe färben oder aber dass die verschiedenen Bestandteile sich in verschiedenen Farben färben. Ob die Färbung ein rein chemischer oder ein rein physikalischer Prozess ist oder ob chemische und physikalische Vorgänge dabei Hand in Hand gehen, ist zurzeit noch nicht entschieden.

Meistens färben wir die mittelst des Mikrotoms hergestellten und aufgeklebten Schnitte (Schnittfärbung), wir können aber auch die ganzen Organstückchen, nachdem sie fixiert und ausgewaschen sind (Stückfärbung) färben, und sie dann erst entwässern und einbetten. Je nachdem wir nur einen oder mehrere Farbstoffe einwirken lassen, unterscheiden wir Einfach-, Doppel- und Mehrfachfärbungen. Wir können das Präparat nur so lange mit der Farblösung in Berührung lassen bis das Optimum der Färbung erreicht ist und dann den Färbungsprozess unterbrechen. Wir nennen das eine progressive Färbung oder aber wir überfärben das Präparat zunächst maximal und ziehen dann den Farbüberschuss mit geeigneten Mitteln aus, differenzieren es. Dann sprechen wir von einer regressiven Färbung. In vielen Fällen behandeln wir auch zuerst das Präparat mit bestimmten Metallsalzen, sog. Beizen

und übertragen es dann in eine passend gewählte Farblösung. Es entsteht dann im Präparat aus der Verbindung des Farbstoffes mit dem Metalloxyd ein Farblack. Solche Beizenfärbungen liefern meist mit nachfolgender Differenzierung ausserordentlich distinkte und scharf gezeichnete Präparate.

Die Zahl der Färbungsmethoden ist Legion und wir wollen uns auch hier nur auf eine ganz kleine Auswahl beschränken. Zunächst wollen wir aber einige allgemeine Vorschriften geben.

Die aufgeklebten Paraffinschnitte müssen, bevor sie gefärbt werden können, von ihrem Paraffin befreit werden. Zu diesem Zweck übertragen wir den Objektträger mit den aufgeklebten Schnitten in ein passendes Glas, das so hoch mit Xylol gefüllt ist, dass die Schnitte vollkommen bedeckt sind. Bewegt man den Objektträger hier etwas hin und her, so ist das Paraffin nach wenig Minuten vollkommen gelöst und der Objektträger kommt nun zur Entfernung des Xylols in ein ähnliches Glas mit absolutem Alkohol. Wollen wir in wässerigen Farblösungen färben, so empfiehlt es sich im allgemeinen zunächst aus dem absoluten Alkohol in zwei oder drei immer dünnere Alkohole und dann erst in destilliertes Wasser überzugehen. Man wird also in praxi 6 Gläser nebeneinander stehen haben gefüllt mit Xylol, absolutem Alkohol, 90 proz., 70 proz., 40 proz. Alkohol und destilliertem Wasser. Der Objektträger passiert sämtliche Gläser, indem er in jedem wenige Minuten verweilt. Dann ist er fertig zur Färbung.

Ist die letztere beendet, so handelt es sich in den meisten Fällen darum ein Dauerpräparat herzustellen d. h. wir wollen unser Präparat unter dem Deckglas in ein möglichst stark lichtbrechendes Medium einschliessen, welches Präparat und Färbung nach Möglichkeit konserviert. Es gibt solcher Einschlussmedien eine ganze Anzahl. Für uns kommt hauptsächlich der Kanadabalsam resp. Dammarlack und das Glyzerin in Betracht. Kanadabalsam und Dammarlack werden gelöst in Xylol und sind in gelöstem Zustand leicht erhältlich. Die in sie einzulegenden Präparate müssen vollkommen wasserfrei sein. Wir werden deshalb nach der Färbung den Objektträger mit den gefärbten Schnitten in das Glas mit 90 proz. und dann in das mit absolutem Alkohol übertragen. Hat er einige Minuten in letzterem verweilt, so kann er ins Xylol kommen. In demselben müssen die Schnitte vollkommen klar und durchsichtig werden. Zeigen sich Trübungen, so war der Schnitt noch wasserhaltig und muss zurück in ein frisches Quantum absoluten Alkohol. Bleibt er im Xylol klar, so wird die Rückfläche des Objektträgers und die Vorderfläche, soweit sie nicht von den Schnitten bedeckt ist rasch mit sauberem Tuch trocken gewischt und bevor noch die Schnitte eintrocknen können ein Tröpfchen Balsam aufgetropft und das gut gereinigte Deckglas aufgelegt. Durch die Verdunstung des Xylols am Deckglasrand ist nach einigen Tagen das Präparat schon recht widerstandsfähig.

Einfacher ist der Einschluss in Glyzerin. Wir brauchen nur auf das gefärbte und ausgewaschene Präparat ein Tröpfchen Glyzerin zu

bringen und können dann gleich das Deckglas auflegen. Da aber sich das Deckglas sehr leicht verschiebt, so empfiehlt es sich um jedes Präparat einen Rahmen von Kitt zu legen. Man bediene sich dazu des schon früher erwähnten Krönigschen Lackes und eines am Ende rechtwinkelig gebogenen Drahtes. Der über der Flamme erwärmte Draht wird in den Lack eingetaucht und von der geschmolzenen Masse wird auf die Ecken des Deckgläschens je ein Tropfen gebracht. Sodann wird der Draht neuerdings erwärmt und längs der Ränder angelegt, wobei der an die Ecken gebrachte Lack schmilzt und den Rand des Deckgläschens mit dem Objektträger fest verbindet. Man achte darauf, dass der Tropfen Glyzerin recht klein gewählt wird, damit er nicht über den Deckglasrand herausquillt, sonst haftet der Lack nicht fest.

Für Zelloidinschnitte muss die Einschlussmethode insofern etwas verändert werden, als man den absoluten Alkohol ganz vermeiden muss. Wollen wir sie in Kanadabalsam einschliessen, so dürfen wir sie nach der Färbung nur in 95 proz. Alkohol übertragen, da absoluter das Zelloidin ja stark aufquellen macht, und nachher in eine Mischung von 1 Teil fester Karbolsäure und 3 Teilen Xylol. An Stelle der Karbolsäure kann man auch Anilin verwenden. Speziell ist das Anilinxylol bei basischen Farbstoffen angezeigt, da Karbolxylol sie auszieht. Trüben sich die Schnitte, so war noch zu viel Wasser in ihnen und sie müssen in frischen 95 proz. Alkohol zurück.

Boraxkarmin. Man löse 4 g Borax in 100 ccm destilliertem Wasser und füge 2 g fein pulverisiertes Karmin zu. Das Ganze wird in einer mit Watte lose verschlossenen Kochflasche 1/2 Stunde lang im Wasserbade gekocht und nach dem Erkalten filtriert. Dem Filtrat setzt man die gleiche Menge 70 proz. Alkohol zu. Der Farbstoff eignet sich sowohl für Schnitte, als für Stückfärbung. Schnitte kommen aus Wasser für 5—10 Minuten in die Lösung und werden dann direkt in 70 proz. Alkohol übertragen, dem 1 % Salzsäure zugesetzt ist (Salzsäurealkohol). Hier verweilen sie 3—5 Minuten und sind dann fertig zum Entwässern. Ganze Stücke bleiben in der Lösung 24 Stunden bis mehrere Tage je nach ihrer Grösse und werden dann für 24 Stunden in ein- bis zweimal zu wechselnden Salzsäurealkohol übertragen. Sie können dann in bekannter Weise entwässert und eingebettet werden.

Karmalaun. Man verreibt 1 g Karminsäure und 10 g Kalialaun in einem kleinen Porzellanmörser und löst die Mischung in 200 ccm warmem destilliertem Wasser. Nach dem Erkalten wird filtriert und 1 ccm Formalin zugesetzt. Ist ebenfalls für Schnitt- und Stückfärbung verwendbar, verlangt aber keine Nachbehandlung mit Salzsäurealkohol, sondern einfaches Auswaschen in destilliertem Wasser. Die Schnitte werden 5 Minuten lang oder länger gefärbt, wobei sie selbst bei sehr langer Dauer der Einwirkung nicht überfärbt werden.

Muzikarmin. In einer kleinen Emailschale verrührt man 1 g Karmin, 0,5 g Chloraluminium und 2 ccm destilliertes Wasser und erwärmt

unter stetem Umrühren über einer ganz kleinen Flamme. Ist das Gemisch ganz tief dunkelrot geworden (nach ungefähr 2 Minuten langem Erwärmen), so hört man auf mit dem Erhitzen und setzt langsam 100 ccm 50 proz. Alkohol zu. Am nächsten Tage wird filtriert. Vor dem Gebrauche mischt man 5 Teile dieser Stammlösung und 45 Teile destilliertes Wasser und färbt 10—15 Minuten. Nach der Färbung abspülen in Wasser. Es wird ausschliesslich der Schleim gefärbt.

Das Delafield'sche Hämatoxylin. 2 g kristallisiertes Hämatoxylin werden in 12,5 ccm Alk. absol. gelöst; diese Lösung giesse man in 200 ccm einer konzentrierten wässerigen Ammoniakalaunlösung. Man lässt die Flüssigkeit 3—4 Tage in einem offenen Gefässe am Lichte stehen, sodann filtriert man dieselbe und vermischt sie mit 50 ccm reinem Glyzerin und 50 ccm Methylalkohol. Dann filtriert man sie zum zweitenmal. Nach wochenlangem Stehen in offener Flasche wird diese Mischung reif und zum Gebrauch fertig.

Man gebraucht dieses Hämatoxylin am besten in sehr schwachen, wässerigen Verdünnungen, indem man ca. 1—2 Tropfen auf 20—50 ccm destilliertes Wasser nimmt und 3—12—24 Stunden lang färbt. Sodann muss man die Schnitte längere Zeit (mehrere bis 24 Stunden) im Wasser auswaschen, damit die Färbung distinkter wird. Die Kerne (Chromatin) werden schön blau gefärbt, das Protoplasma leicht bläulich, der Schleim (z. B. in Becherzellen) und die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels intensiv blau.

Hämalaun. 0,5 g Hämatein werden in einer Emailschale mit 10 ccm Glyzerin gut verrieben und durch vorsichtiges Erwärmen gelöst. 25 g Kalialaun werden in 500 ccm heissem Wasser gelöst und nach dem Erkalten filtriert. Dann werden beide Lösungen zusammengegossen. Man kann die Schnitte aus Wasser entweder in dem unverdünnten Hämalaun färben, dann erhält man schon nach 5—10 Minuten eine gute Färbung oder man verdünnt die Lösung beliebig mit destilliertem Wasser. Je stärker die Verdünnung, um so länger die Färbung. In einem oder dem anderen Fall wird nach der Färbung einfach in destilliertem Wasser ausgewaschen. Stärkere Bläuung erhält man durch $^1/_4$—$^1/_2$ stündiges Einlegen in Leitungswasser.

Hämatoxylin-Eisenalaun, nach ihrem Entdecker meist als Heidenhainfärbung bezeichnet. Sie gehört zu den Beizenfärbungen und stellt die heutzutage wohl am meisten verwendete Färbungsmethode dar. Sie liefert ausserordentlich scharfe Kernbilder, eignet sich aber hauptsächlich nur für dünnere Schnitte. Die Schnitte kommen aus Wasser zunächst für 2—4 Stunden (länger schadet nicht) in eine $2^1/_2$ proz. wässerige Lösung von Eisenalaun (schwefelsaueres Eisenoxydammoniak), werden kurz in Wasser abgespült und dann für 24 Stunden in eine 0,5 proz. Hämatoxylinlösung übertragen. Man stellt sich diese Lösung am besten so her, dass man 5 g kristallisiertes Hämatoxylin in 50 ccm 95 proz. Alkohol

löst und die Lösung mehrere Wochen lang stehen lässt. Die anfangs nur leicht gelb gefärbte Lösung wird dabei immer mehr dunkelbraun. Zum Gebrauch verdünnt man diese Stammlösung mit dem 20 fachen Volum destilliertem Wasser. In dieser Hämatoxylinlösung nun werden die Schnitte zunächst graublau, dann schwarzblau und schliesslich tiefschwarz, sie lassen irgendwelche Details nicht erkennen und müssen differenziert werden. Wir spülen am nächsten Tage zunächst in Wasser kurz ab und übertragen nun in die zum Beizen benutzte Eisenalaunlösung zurück. Sehr bald sieht man schwarze Farbwolken vom Schnitt aufsteigen, der Schnitt hellt sich allmählich auf. Die Differenzierung muss unterbrochen werden dann, wenn die Kernstruktur klar hervortritt. Man halte sich ein grösseres Glas mit Wasser zur Hand, spüle den sich aufhellenden Schnitt darin kurz ab und kontrolliere mit schwacher Vergrösserung. Ist der gewünschte Effekt noch nicht erreicht, so wird das Präparat wieder in die Eisenalaunlösung zurückgebracht und nach 1—2 Minuten wieder nachgesehen. Übung lernt hier sehr bald auch schon makroskopisch den richtigen Grad der Entfärbung erkennen. Zum Schluss wird 10—20 Minuten in fliessendem Wasser ausgewaschen.

Safranin, ein roter Teerfarbstoff, der eine recht gute Kernfärbung liefert. Man löst 1 g Safranin in 100 ccm absolutem Alkohol, lässt 3—5 Tage auf dem Paraffinofen stehen und verdünnt dann mit 200 ccm destilliertem Wasser. Färbung der Schnitte 24 Stunden. Die überfärbten Schnitte werden in 95 proz. Alkohol gebracht; lässt sich hierdurch der Farbstoff nicht genügend entfernen, so setze man vorsichtig einige Tropfen Salzsäurealkohol zu (siehe Boraxkarmin), aber vorsichtig, sonst erhält man eine hässliche, schmutzige Rotfärbung.

Methylviolett oder Gentianaviolett oder Magentarot. Man halte sich eine konzentrierte Lösung der Farbstoffe in 95 proz. Alkohol vorrätig und setze davon 10 ccm zu 100 ccm Anilinwasser. Dieses letztere stellt man sich so dar, dass man einige Kubikzentimeter Anilin in einer 200 ccm haltenden Flasche mit 100 ccm destilliertem Wasser 5 Minuten lang kräftig schüttelt und dann durch ein doppeltes angefeuchtetes Filter filtriert. Das Filtrat muss absolut klar sein. Die Anilinwasserfarbstoffmischung wird tüchtig umgeschüttelt, am nächsten Tage ist sie gebrauchsfähig, hält sich aber nur wenige Wochen. Man bringe die Schnitte aus Wasser für 15—20 Minuten in eine dieser Lösungen. Am besten stellt man das gut verschlossene Färbeglas mit den Schnitten in den Paraffinofen. Die überfärbten Schnitte werden in 95 proz. Alkohol differenziert, doch lässt sich dadurch in den meisten Fällen nicht genügend Farbstoff entfernen. Wir müssen die Schnitte noch jodieren und benutzen dazu eine Lösung von 1 g Jod und 2 g Jodkalium in 300 ccm destilliertem Wasser. Von dieser Lösung bringen wir auf den aus dem Alkohol entnommenen Objektträger 1—2 ccm und verteilen die Flüssigkeit gut auf die Schnitte. Nach $^1/_4$—$^1/_2$ Minuten sind die letzteren braun geworden, die Lösung wird weggegossen und die Schnitte in 95 proz. Alkohol

zurückgebracht. Hier schlägt die Farbe wieder in blau resp. rot um und der Überschuss des Farbstoffes zieht aus.

Wir wollen nun an diese einfachen Kernfärbungen noch einige leicht auszuführende Doppel- und Dreifachfärbungen anschliessen.

Hämatoxylin-Eosin oder Hämalaun-Eosin. Man färbt wie oben in Hämatoxylin oder Hämalaun und überträgt in eine Lösung von 1 g Eosin in 1000 ccm destilliertem Wasser so lange, bis deutliche Rotfärbung eintritt. Nach der Färbung kurzes Auswaschen in 70 proz. Alkohol. Kerne blau, Protoplasma rot, besonders deutlich die Erythrozyten.

Hämatoxylin-Orange oder Hämalaun-Orange. Färbung in Hämatoxylin oder Hämalaun wie oben. Nachfärbung 5 Minuten lang in einer 0,5 proz. wässerigen Lösung von Orange G, der man ein Viertel ihres Volums Salzsäurealkohol zugesetzt hat. Nach der Färbung kurzes Auswaschen in 70 proz. Alkohol.

Boraxkarmin-Bleu de Lyon. Man halte sich eine konzentrierte wässerige Lösung von Bleu de Lyon vorrätig. Färbung zunächst in Boraxkarmin, wie oben angegeben. Aus dem Salzsäurealkohol kommen die Schnitte in eine Mischung von 5 ccm konz. Bleu de Lyon-Lösung, 5 ccm Salzsäurealkohol und 30 ccm destilliertes Wasser. Es wird so lange gefärbt, bis die Schnitte eben anfangen blau zu werden. Nach der Färbung Auswaschen in 70 proz. Alkohol.

Hämalaun-Pikrofuchsin, nach ihrem Entdecker gewöhnlich als van Gieson-Färbung bezeichnet. Färbung in Hämalaun wie oben. Übertragen in eine Mischung von 95 ccm konzentrierter wässeriger Pikrinsäure und 5 ccm 2 proz. wässeriger Lösung von Säurefuchsin. Färbung 3—5 Minuten, Auswaschen in 70 proz. Alkohol. Eine der universalsten Färbemethoden. Kerne braunviolett, Protoplasma gelb, Bindegewebe leuchtend rot, Muskulatur hellgelb.

Die Injektion.

Das Füllen von Hohlräumen des Körpers, vor allem der Blut- und Lymphgefässe mit festen oder flüssigen Massen ist eine Kunst, die viel Übung und Erfahrung und auch ein nicht unbedeutendes Mass von Geschicklichkeit erfordert. Sie kommt deshalb für den Anfänger eigentlich gar nicht in Betracht. Will er sich aber doch in ihr versuchen, so beginne er mit der Injektion eines einzelnen Organs, dessen Gefässe leicht zugänglich sind, z. B. mit der Injektion der Niere eines grösseren Tieres. In die zuführende Arterie wird eine passende Glas- oder Metallkanüle fest eingebunden und dann die Masse mittelst einer guten Glas- oder Metallspritze, auf die die eingebundene Kanüle gut aufgeschliffen sein muss, vorsichtig unter gelindem Druck injiziert. Sobald die Masse aus der oder den abführenden Venen herausfliesst, werden dieselben abgebunden und noch vorsichtig der Druck etwas gesteigert, um die Gefässe prall zu füllen. Nach der Injektion wird die Arterie jenseits der Kanüle abge-

bunden und das ganze Organ am besten in 10 proz. Formalin zur Fixation eingelegt.

Die Massen, die wir injizieren, sind entweder von Haus aus flüssige oder feste. Als flüssige Injektionsmasse kommt hauptsächlich das lösliche Berliner Blau in konzentrierter wässeriger Lösung in Betracht. Eine feste Masse erhält man dadurch, dass man einer solchen Berliner Blaulösung Gelatine zusetzt in folgender Weise Man weiche mehrere Tafeln bester, farbloser, französischer Gelatine in wenig destilliertem Wasser über Nacht ein, presse sie gut aus, damit das Wasser wieder möglichst entfernt wird und verflüssige sie in einem grösseren Becherglas auf dem Wasserbad. Dann setzt man ein gleiches Volum der obigen Berliner Blaulösung zu und dampfe ebenfalls wieder auf dem Wasserbad die Masse auf die Hälfte ihres Volums ein. Diese Masse muss vor dem Gebrauch auf 38—40 ^{0} erwärmt und mit erwärmter Spritze in lebenswarme Organe oder in vorher in warmem Wasser durchwärmte Organe injiziert werden.

Die Herstellung roter Massen aus Karmin ist eine so schwierige, dass wir den Anfänger von ihr nur dringend abraten können. Man kann sie zwar in unseren meisten Handlungen mikroskopischer Utensilien käuflich erhalten, aber auch hier taugen sie meistens nichts.

Entkalken.

Anhangsweise wollen wir hier noch kurz über die Entkalkung von Knochen und Zähnen berichten. Zur Entfernung der Kalksalze aus den Hartgebilden bedienen wir uns einer Anzahl von Säuren. Von ihnen können wir für den Anfänger hauptsächlich nur die Salpetersäure in 3—5 proz. wässeriger Lösung empfehlen. Organe, die entkalkt werden sollen, müssen vorher gut fixiert werden, am besten in Zenker'scher oder Flemming'scher Flüssigkeit. Nach dem Auswaschen wird direkt in 3—5 proz. Salpetersäure übertragen. Wie lange die Stücke darin bleiben müssen, hängt von ihrer Grösse und ihrem Kalkgehalt ab. Für kleinere Knochen werden 5—6 Tage genügen. Man wechsele die Flüssigkeit täglich und übertrage nach vollendeter Entkalkung in 5 proz. wässerige Alaunlösung für 24 Stunden. Ist dadurch die Neutralisation der Säure vollendet, so waschen wir 24 Stunden in fliessendem Wasser aus und können dann in gewöhnlicher Weise entwässern und am besten in Zelloidin einbetten. Man hüte sich aus der Säure direkt in Wasser zu übertragen, da es infolgedessen zu enormer Quellung des kollagenen Gewebes kommt.

Spezielle mikroskopische Technik.

Untersuchung der Zelle.

1. Zum Studium der Plasmaströmung eignen sich vorzüglich die Staubfäden- und Blattscheidenhaare von Tradescantia virginica. Man entnehme sie mit der Pinzette und bringe sie in einen Tropfen Wasser unter das Deckglas. Rotationsbewegungen zeigen sehr schön die Blätter von Elodea canadensis und Valisneria spiralis.

Amöboide Bewegung sieht man am deutlichsten an Amöben selbst, die man sich so verschaffen kann, dass man Deckgläser oder Objektträger auf den Boden von Süss- oder Seewasseraquarien auslegt. Man wird dann nach Stunden oder auch Tagen fast immer Amöben auf ihnen finden. Beobachtung in einem Tropfen Aquarienwasser. Abtötung dadurch, dass man den Objektträger mit dem Tier nach unten einige Sekunden über eine Flasche mit Osmiumsäure deckt. Einschluss in Glyzerin. Auch an den Lymphozyten des Froschblutes kann man die amöboide Bewegung studieren, besonders wenn man einen heizbaren Objekttisch zur Verfügung hat.

Zu Untersuchungen über Zell- und Kernstruktur eignen sich vor allem die schönen grossen Zellen der Leber, der Niere und des Hodens vom Feuersalamander, Wassermolch und vom Axolotl. Fixation in Sublimatessigsäure, Zenker'scher oder Flemming'scher Flüssigkeit. Färbung in Eisenalaun-Hämatoxylin, Safranin oder Methylviolett.

Mitosen trifft man in grosser Zahl bei jungen Salamandern. Man verschaffe sich im Mai ein trächtiges Salamanderweibchen, töte es durch Abschneiden des Kopfes und präpariere nun vorsichtig nach Eröffnung des Bauches die sich schon lebhaft bewegenden Jungen heraus. Sie werden am besten in eine weisse Porzellanschüssel mit Fluss- oder Leitungswasser gebracht und tüchtig Wasserpflanzen zugesetzt. Am nächsten Tage gebe man, zunächst wenig Futter in Gestalt von Daphnien, Wasserflöhen. Die Tierchen fressen sofort. Das Wasser muss täglich gewechselt

werden. Nach 3—4 tägiger Fütterung wird man äusserst zahlreiche Mitosen treffen. Man töte die Tiere durch Einlegen in die Fixationslösung (Flemming oder Zenker). Sind sie tot, so öffne man rasch den Bauch und lege sie für 24 Stunden in die Lösung zurück. Entweder kann man in toto einbetten und schneiden oder man zieht von den in dünnem Alkohol befindlichen Larven die Hornhaut oder Stücke der Epidermis ab. Auch die kleinen der Länge nach aufgeschnittenen Lungen zeigen zahlreiche Mitosen. Färbung mit Hämalaun oder Eisenalaun-Hämatoxylin.

Zur Untersuchung der verschiedenen Stadien der Befruchtung eignet sich vorzüglich der Pferdespulwurm (Ascaris megalocephala), den man sich von jeder Rosschlächterei verschaffen kann. Die weiblichen Tiere werden mit Nadeln aufgesteckt, geöffnet, die Eiröhren entfernt und in Sublimatessigsäure oder Carnoy fixiert. Man findet in ihnen, je dicker der Schlauch wird, um so ältere Stadien der Eireifung und Befruchtung. Das Endstück enthält befruchtete und in der ersten Teilung befindliche Eier. Sehr vorsichtige Einbettung, Färbung der Schnitte in Eisenalaun-Hämatoxylin. Man kann auch kleine Stücke des Schlauches durchfärben in Hämalaun oder noch besser in einer konzentrierten wässerigen Lösung von Bismarckbraun und dann die Eier in Glyzerin untersuchen und konservieren.

Untersuchung des Epithelgewebes.

Man kann viele Epithelien frisch einfach so untersuchen, dass man mit dem Spatel oder gereinigter Fingerkuppe über die betreffende Schleimhaut streicht und die anhängenden Zellmassen in einem Tröpfchen physiologischer Kochsalzlösung verteilt.

Auf diese Weise erhält man z. B. ohne weiteres die oberflächlichen platten Epithelzellen der eigenen Mundhöhle. Man kann die Zellen direkt in ein Tröpfchen verdünntes Hämalaun bringen, nach einigen Minuten bedeckt man mit einem Deckglas und gibt an die eine Kante des Deckglases einen Tropfen destilliertes Wasser. Hält man nun an die gegenüberliegende Kante ein Stückchen Fliesspapier, so wird man durch die saugende Wirkung des Fliesspapieres einen Wasserstrom erzeugen, der den überflüssigen Farbstoff wegschwemmt. Den Wassertropfen kann man dann durch einen Tropfen Glyzerin ersetzen und so ein Dauerpräparat erhalten.

Für die Untersuchung des Zylinderepithels und der Becherzellen des Magendarmkanales bediene man sich in der früher angegebenen Weise des Drittelalkohols.

Die Kittlinien lassen sich am besten durch Versilberung darstellen. Man breite das Mesenterium des Frosches oder ein Stück Mesenterium eines neugeborenen Tieres recht vorsichtig in einer grösseren trockenen Uhrschale aus und tropfe dann mittelst einer Pipette 0,75 proz. wässerige Lösung von Höllenstein auf. Nach wenigen Minuten entfernt man die

Silberlösung durch vorsichtiges Abspülen mit destilliertem Wasser und legt die Uhrschale mit dem Präparat in einen flachen mit destilliertem Wasser gefüllten weissen Porzellanteller. Bringt man das ganze nun in Sonnenlicht, so tritt sehr bald die Reduktion ein. Im diffusen Tageslicht dauert es etwas länger. Nachfärben in Hämalaun. Einschluss in Glyzerin, Kittlinien schwarz, Kerne hellblau.

Zur Darstellung der Schlussleisten fixiere man Drüsen, Darmschleimhaut oder Ähnliches in Zenker und färbe die Paraffinschnitte in der oben besprochenen Weise mit Eisenalaun-Hämatoxylin.

Untersuchung der Stützsubstanzen.

Gallertgewebe trifft man besonders schön im Flossensaum von Kaulquappen. Man werfe die Tierchen einfach in Müller'sche Flüssigkeit, die man zwei- oder dreifach mit Wasser verdünnt hat. Nach 2 bis 3 Tagen kann man dann die Epidermis von dem Schwanz durch vorsichtiges Pinseln entfernen. Man schneidet den Schwanz ab, wäscht ihn mehrere Stunden lang in fliessendem Wasser aus, färbt mit Hämalaun und schliesst in Glyzerin ein. Nabelschnur von jüngeren Embryonen fixiert man in Zenker und färbt die Paraffinschnitte nach van Gieson.

Zur Untersuchung der Elemente des fibrillären Bindegewebes empfiehlt sich vor allem die von Ranvier angegebene Methode des künstlichen Ödems. Man spritzt einem Kaninchen, einer Ratte oder einer Maus mittelst Pravazspritze 1—2 ccm physiologischer Kochsalzlösung unter die geschorene Haut in das subkutane Bindegewebe. Es entsteht eine Ödemkugel. Die Haut wird vorsichtig abgetragen und man schneidet von der entblössten Ödemkugel kleine, flache Stückchen mit einer scharfen krummen Schere ab und bringt sie unter das Deckglas. Um die elastischen Fasern und Kerne der Bindegewebszellen scharf hervortreten zu lassen, bringe man auf den Objektträger unter das Deckglas einige Tropfen 2proz. Essigsäure und lasse die Säure mehrere Minuten lang wirken.

Ein sehr bequem zu erlangendes Objekt für das Studium des geformten Bindegewebes bilden die kleinen Sehnen des Mäuseschwanzes. Man schneide ein 1—2 cm langes Stückchen desselben ab. Drückt man nun auf die Haut, so quellen sofort die kleinen Sehnen aus den Enden hervor. Man kann eine solche entweder frisch in Kochsalz untersuchen oder man lege sie zunächst für 24 Stunden in konzentrierte wässerige Pikrinsäure. Dann lässt sie sich leicht zerzupfen. Oder man lege solche Sehnen für 2—4 Wochen in Karmalaun oder in Hämalaun. Sie werden hierin ganz weich und gleichzeitig färben sich die Sehnenzellen sehr schön. Einschluss in Glyzerin.

Zur Färbung von elastischen Fasern im Paraffinschnitt ist die folgende von Weigert angegebene Methode allen anderen vorzuziehen. Man löse 2 g Magentarot in 100 ccm destilliertem Wasser und ebenso 4 g Resorzin in der gleichen Menge Wasser. Beide Lösungen werden

gemischt und die Mischung in einer Emailschale erhitzt. Sobald sie anfängt zu kochen, gibt man 25 ccm Liquor ferri sesquichlorati zu und kocht noch ein paar Minuten. Nach dem Erkalten filtriert man, das Filtrat wird weggegossen, das Filter mit dem Filterrückstand aber in die vorher benutzte Schale zurückgebracht, und mit 200 ccm 95proz. Alkohols auf dem Wasserbad vorsichtig bis zum Blasenwerfen erwärmt. Dann giesst man die erkaltete Lösung vom Bodensatz ab, füllt mit 95proz. Alkohol auf 200 ccm auf und setzt 4 ccm konzentrierte Salzsäure zu. In dieser Lösung färbt man Schnitte aus Alkohol 15—20 Minuten lang und spült nachher gründlich in 95proz. Alkohol ab. Elastische Fasern tief blauschwarz. Man kann auch zuerst die Kerne in Hämalaun färben, in Wasser auswaschen, dann in der angegebenen Weise die elastischen Fasern färben und aus dem Waschalkohol in das Gieson'sche Pikrofuchsin übertragen. Dann erhält man braunviolette Kerne, gelbes Protoplasma und Muskelfasern, rote kollagene und schwarze elastische Fasern.

Zur Untersuchung des Fettgewebes eignet sich vor allem das Netz und Mesenterium von Kaninchen und Meerschweinchen. Man fixiert in 10proz. Formalin, wäscht in Wasser aus und färbt in Hämalaun. Nach dem Auswaschen ausbreiten in einer Uhrschale und übergiessen mit 50proz. Alkohol. Nach 5 Minuten überträgt man die Präparate in eine konzentrierte Lösung von Sudan oder Scharlach in 80proz. Alkohol. Färben 15 Minuten, auswaschen in Wasser und Einschluss in Glyzerin. Kerne blau, Fett scharlachrot.

Für Hyalinknorpel eignen sich die Rippenknorpel von Kindern oder jungen Tieren. Fixation in Formalin, Färbung von Rasiermesserschnitten in Hämatoxylin oder in Hämalaun. Elastische Knorpel von der Ohrmuschel oder der Epiglottis fixiert man in absolutem Alkohol und färbt event. nach Paraffin- oder Zelloidineinbettung nach van Gieson in Verbindung mit der oben beschriebenen Methode von Weigert. Bindegewebsknorpel findet man in den Zwischenwirbelscheiben, an der Ansatzstelle des Lig. teres femoris oder auch in dem kleinen Sesamknorpel der Achillessehne des Frosches. Fixation in Zenker, Färbung nach van Gieson.

Zur Untersuchung des Baues von Knochen und Zahn dienen vor allem Dünnschliffe, die man folgenderweise herstellt. Recht gut mazerierte Knochen und Zähne werden mit der Laubsäge in 1—2 mm dicke Schnitte zerlegt und die letzteren zuerst beiderseits auf Schmirgelpapier, dann auf einer mit Bimssteinpulver bestreuten Glasplatte geschliffen. Von Zeit zu Zeit werden zu dem Pulver einige Tropfen Wasser gegeben. Ist der Schliff papierdünn geworden, so poliert man ihn auf einem Abziehstein, spült ihn tüchtig mit Wasser aus und trocknet ihn. Die trocknen Schnitte werden einfach ohne jeden Zusatz unter das Deckglas gebracht und das letztere mit Kitt umrandet. In solchen Schliffen sind alle Hohlräume mit Luft erfüllt und treten im durchfallenden Licht tiefschwarz hervor.

Noch schönere Bilder der Knochenhohlräume erhält man, wenn man die letzteren mit Farbstoff füllt. Man koche die dünnen Sägeschnitte vorsichtig auf dem Sandbade mindestens eine Stunde lang in einer gesättigten Lösung von Methylviolett und Fuchsin in absolutem Alkohol. Man kocht solang bis der gesamte Alkohol verdampft ist, trocknet dann die aus dem Farbbrei entfernten Schnitte 24 Stunden lang im Aufsatz des Paraffinofens und schleift sie zunächst trocken auf Schmirgelpapier, dann auf einer matten Glasplatte mit Bimssteinpulver, dem man von Zeit zu Zeit ein paar Tropfen Xylol zusetzt. Dann poliert man auf einem Abziehstein ebenfalls mit Xylol, wäscht in Xylol aus und schliesst in Kanadabalsam ein. Die Berührung der Schliffe mit Wasser oder Alkohol muss ängstlich vermieden werden.

Untersuchung des Muskelgewebes.

Quergestreifte Muskelfasern kann man frisch in Kochsalzlösung zerzupfen oder man zerhackt sie trocken, möglichst der Quere nach mit einem scharfen Rasiermesser legt ohne jeden Zusatz ein Deckglas auf und umrandet. Zur Demonstration der Kerne setzt man einige Tropfen 2 proz. Essigsäure zu. Zur Isolation der Fasern dient 33,5 proz. Kalilauge. Um die Fibrillen zu isolieren, legt man kleine Muskelstückchen 24 Stunden in Drittelalkohol oder 0,1 proz. wässerige Chromsäure und zerzupft recht gut.

Für das Studium der Querstreifung eignen sich vor allem die Muskeln von verschiedenen Wasserkäfern. Man untersuche frisch oder in Alkohol fixierte Muskeln; zerzupfen und konservieren in Glyzerin.

Zur Isolation von glatten und Herzmuskelzellen dient 33,5 proz. Kalilauge. Nach einer Einwirkung von 20 Minuten bringt man kleine Stückchen in ein Schälchen mit 50 proz. Essigsäure und bewegt zur gründlichen Neutralisation hin und her. Dann wird in destilliertem Wasser ausgewaschen, einige Stunden in Karmalaun gefärbt und in Glyzerin zerzupft und eingeschlossen.

Für Schnittpräparate fixiere man in Zenker und färbe in van Gieson oder in Eisenalaun-Hämatoxylin.

Untersuchung des Nervengewebes.

Isolierte Nervenzellen erhält man folgendermassen. 0,5 bis 1 cm dicke Scheiben aus dem Hals- oder Lendenmark vom Pferd oder Rind werden mehrere Tage in Drittelalkohol mazeriert. Nach dieser Zeit sticht man mit einem Skalpell kleine Stückchen aus dem Vorderhorn heraus, färbt in verdünntem Hämalaun oder Karmalaun und zerzupft in Glyzerin.

Zur Fixation der Nervenzellen benutze man nur ganz lebendfrisches Material und fixiere in absolutem Alkohol oder noch besser in Carnoy. Einbettung in Paraffin, Färbung der Schnitte mit Eisenalaun-

Hämatoxylin oder man benutzt zur Färbung eine Lösung von 1,5 g Methylenblau und 0,7 g feingeschabter venezianischer Seife in 400 ccm destilliertem Wasser. Man färbe die Schnitte aus Wasser 15 bis 20 Minuten lang in gut zugedecktem Färbeglas im Paraffinofen und differenziere in einer Mischung von 9 Teilen 95 proz. Alkohol und 1 Teil Anilin. Die weisse Substanz muss sich vollkommen entfärben. Das Anilin muss gut in Xylol ausgewaschen werden.

Zur Darstellung der Fibrillen der Nervenzellen fixiere man (nach Cajal) Rückenmark, Gehirn oder periphere Ganglien von jüngeren Tieren 24 Stunden lang in einer reichlichen Menge absolutem Alkohol, dem man auf 100 ccm 3—4 Tropfen Ammoniak zugesetzt hat. Am nächsten Tag kurz in destilliertem Wasser auswaschen und einlegen für 3—5 Tage in 2 proz. wässerige Lösung von Höllenstein. Die Gläser sollen im Aufsatz des Paraffinofens stehen. Abspülen in Wasser und übertragen für 24 Stunden in eine Lösung von 2 g Pyrogallussäure in 5 ccm Formalin und 95 ccm destilliertem Wasser. Dann abspülen in Wasser, entwässern und einbetten in Paraffin. Die aufgeklebten Paraffinschnitte werden in Xylol gebracht und dann in Kanadabalsam eingeschlossen.

Markhaltige Nerven zerzupft man frisch in Kochsalzlösung.

Zur Fixation bindet man den sehr vorsichtig frei präparierten Nerven in situ auf einen dünnen Glasstab, schneidet jenseits der Ligaturen durch und legt Glasstab mit Nerv für 24 Stunden in 0,5 proz. Osmiumsäure oder Flemming. Nach dem Auswaschen und Entwässern in Alkohol kann man den Nerven losschneiden, 24 Stunden in Safranin färben, in absolutem Alkohol differenzieren, in Nelkenöl übertragen und in demselben auf dem Objektträger zerzupfen. Kerne der Schwann'schen Scheide rot, Mark schwarz. Man kann die in obiger Weise fixierten und ausgewaschenen Nerven auch 2—3 Tage lang in 2 proz. wässeriger Säurefuchsinlösung färben, im Laufe von 24 Stunden entwässern und durch Chloroform in Paraffin einbetten. Auf Quer- und Längsschnitten treten dann sehr schön die Fibrillen rot gefärbt hervor.

Marklose Nervenfasern findet man in grosser Zahl im Nervus vagosympathicus von Hund und Katze.

Zur Darstellung der Ranvier'schen Kreuze lege man den in obiger Weise aufgebundenen markhaltigen Nerven über Nacht in 0,75 proz. wässerige Höllensteinlösung. Auswaschen in destilliertem Wasser, entwässern, zerzupfen in Xylol, Einschluss in Balsam.

Untersuchung des Blutes.

Für die Untersuchung des Blutes ist die peinlichste Reinlichkeit von Deckgläsern und Objektträgern erste Bedingung. Man entnehme das Blut aus der gut mit Äther gereinigten Fingerbeere; nachdem man in dieselbe mit einer reinen Nadel einen Einstich gemacht hat, schleudere man den ersten hervorquellenden Tropfen weg und fange den zweiten mit dem

Deckglas auf. Alsdann lege man letzteres mit der Blutseite nach unten auf einen Objektträger, wobei jeder Druck vermieden werden soll und untersuche es zuerst frisch ohne jeden Zusatz. In dünnen Präparaten können die isolierten Blutelemente, in dickeren die Geldrollenbildung, Fibrinfäden etc. studiert werden, eventuell auf dem heizbaren Objekttisch. Man kann dann starke Kochsalzlösung, Essigsäure, destilliertes Wasser etc. zu solchen Präparaten zusetzen und untersuchen, welchen Einfluss sie ausüben.

Will man Dauerpräparate farbiger und farbloser Blutzellen anfertigen, so verfahre man auf folgende Weise: man bringe vom angestochenen Finger einen kleinen Tropfen Blut auf ein Deckglas, bedecke ihn mit einem zweiten Deckglas und ziehe beide Deckgläser sodann so auseinander, dass das Blut in möglichst dünner Schicht sich gleichmässig ausbreite.

Das lufttrockene Präparat fixiert man entweder im Thermostaten bei 120—125 °C oder in absolutem Alkohol und Äther āā. 10—30 Minuten oder in absolutem Alkohol ca. 15 Minuten oder in absolutem Methylalkohol 3—5 Minuten etc.

Erst nachher kann man zur Färbung schreiten und dazu die verschiedensten Methoden benutzen. Das beste Kernfärbungsmittel ist das Hämatoxylin, z. B. filtriertes Delafield'sches Hämatoxylin 10—15 Minuten. Eosin (Höchst oder französisch) in $^1/_2$ proz. wässeriger oder alkoholischer Lösung färbt in 1—3—5 Minuten die roten Blutkörperchen und die eosinophilen Zellen. Dahlia in alkoholischer Lösung färbt nach 4—6 Stunden die Granula der Markzellen violett. Die neutrophilen Granulationen kommen nur zum Vorschein bei kombinierten Farbstoffmischungen z. B. bei Ehrlich's Triacidlösung (Orange, Säurefuchsin, Methylgrün), Färbung mit eosinsaurem Methylenblau (Jenner, May-Grünwald).

Um gute Übersichtsbilder zu erhalten, wende man 1. die Triacidfärbung oder 2. das Eosin-Methylenblaugemisch nach Jenner oder May-Grünwald an. Das erste färbt vorzüglich die neutrophilen Granulationen, hat aber den Nachteil, dass die Markzellen nicht mitgefärbt werden und als negative Bilder erscheinen. Das letztere hat, abgesehen davon, dass es simultan alle Blutelemente färbt, noch den Vorteil, dass sein Gehalt an Methylalkohol das Fixieren der Deckglaspräparate überflüssig macht.

Die Ehrlich'sche Triacidlösung wird folgendermassen hergestellt: 13—14 ccm Orange-G-Lösung, 6—7 ccm Säurefuchsinlösung, 15 ccm destilliertes Wasser, 15 ccm Alkohol absol., 12,5 ccm Methylgrün, 10 ccm Alkohol, 10 ccm Glyzerin. Die drei Farbstoffe werden in gesättigter, wässeriger Lösung angewandt und durch längeres Stehenlassen geklärt. In der vorgeschriebenen Reihenfolge werden die Stoffe in einem und demselben Messglase abgemessen und gründlich durchgeschüttelt.

Nachdem die Präparate bei 120° C fixiert wurden, werden sie ca. 5 Minuten lang gefärbt, dann sorgfältig im destillierten Wasser abgewaschen und zwischen Fliespapier getrocknet. Einbettung in Kanadabalsam.

Das eosinsaure Methylenblau, von Jenner nach May-Grünwald modifiziert, wird als Pulver folgendermassen hergestellt: 1,25 proz. wässerige Eosinlösung und 1 proz. wässerige Lösung von Methylenblau medicinale werden gemischt, umgerührt und 24 Stunden offen stehen lassen. Der entstandene Niederschlag wird auf dem Filter gewaschen und darauf getrocknet. Von diesem eosinsaueren Methylenblau wird 1 g in 100 ccm Methylalkohol und 50 ccm Glyzerin gelöst.

Die bei 120° C fixierten Präparate werden mehrere Minuten gefärbt; weitere Behandlung wie bei voriger Färbung.

Zur Darstellung der Blutplättchen bringt man auf die gut gereinigte Fingerkuppe ein Tröpfchen 1 proz. Osmiumsäure und sticht mit der Nadel durch den Tropfen in die Haut. Das hervorquellende Blut mischt sich sofort mit der Osmiumsäure und wird momentan fixiert. Man bringe einen Tropfen auf den Objektträger und bedecke mit dem Deckglas.

Statt der Osmiumsäure kann man auch physiologische Kochsalzlösung nehmen, der man auf 100 ccm 1 ccm 1 proz. wässeriger Methylviolettlösung zusetzt.

Untersuchung der Organe des Kreislaufsystems.

Kleine Blutgefässe und Kapillaren bietet uns am schönsten die Pia mater des Gehirns. Man schneide von der Oberfläche eines frischen Gehirns mit dem Rasiermesser eine flache Scheibe ab und lege sie mit der Aussenfläche nach unten auf einen Objektträger. Man entferne mit Hilfe von Nadel, Spatel und Pinsel die Hirnmasse, bis nur noch die Pia auf dem Objektträger bleibt und spritze diese gut mit der Pipette mit Wasser ab, um jeden Rest von Hirnsubstanz zu entfernen. Dann wird mit Hämalaun gefärbt und in Glyzerin eingeschlossen.

Um das Gefässepithel zur Anschauung zu bringen, töte man ein Kaninchen durch Verblutung und injiziere von der Aorta descendens aus 0,5 proz. Höllensteinlösung. Dann wird das grosse Netz oder Stück des Mesenteriums in destilliertem Wasser dem Licht ausgesetzt. Nach Färbung mit Hämalaun Einschluss in Glyzerin.

Der Blutkreislauf lässt sich am einfachsten bei nicht zu grossen Kaulquappen beobachten. Man bringe mehrere Tiere in eine kleine Schale mit ca. 200 ccm Wasser und tropfe von einer 5 proz. Kokainlösung ungefähr 10—20 Tropfen zu. Sobald die Tiere sich nicht mehr bewegen, bringe man sie in eine grosse Schale mit frischem Wasser. Man kann die nun lange Zeit ganz regungslosen Tiere auf einen Objektträger bringen und den Schwanz mit schwacher Vergrösserung durchmustern. Zur eingehenden Untersuchung kann man auch das freie Schwanzende mit einem

Deckglas bedecken, nur muss man ein kleines Stückchen Fliesspapier oder etwas Ähnliches mitunterlegen, um einen zu starken Druck des Deckglases zu vermeiden.

Zu Übersichtsbildern über das Herz fixiere man das Herz von kleinen Säugetieren in Zenker und fertige nach Paraffin- oder Zelloidineinbettung Frontal- und Querschnitte an. Färbung nach van Gieson oder Heidenhain.

Blutgefässe fixiert man am besten in absolutem Alkohol und färbt die Paraffinschnitte nach den für das elastische Gewebe angegebenen Methoden.

Zu Übersichtsbildern über Lymphdrüsen eignen sich kleine Hals- oder Mesenterialdrüsen von jungen Katzen und Hunden. Fixation in Zenker. Färbung der Paraffinschnitte nach van Gieson.

Zur Darstellung des Retikulums lege man kleine Lymphdrüsen für mehrere Tage in gleiche Teile destilliertes Wasser und konzentrierte wässerige Pikrinsäure. Man fertige mit dem Rasiermesser oder besser mittelst des Gefriermikrotoms dünne Schnitte an und entferne die Lymphozyten durch recht vorsichtiges Auspinseln auf dem Objektträger oder noch besser durch Schütteln mit wenig Wasser im Reagensrohr.

Milz, Thymus, Schilddrüse und Nebenniere untersucht man am besten an Paraffinschnitten durch die in Zenker oder Flemming fixierten Organe. Nebenniere fixiere man zur Darstellung der phäochromen Zellen, in Müller'scher Flüssigkeit mit Zusatz von 10 % Formalin.

Untersuchung der Verdauungsorgane.

Zähne werden behandelt wie Knochen.

Die Schleimhaut der Mundhöhle, die Zunge und die Tonsille werden an Paraffinschnitten untersucht. Fixation in Zenker. Färbung nach van Gieson.

Auch für Speicheldrüsen ist neben Sublimatessigsäure Zenker die geeignetste Fixation. Färbung nach Heidenhain. Zur Darstellung des Schleims Färbung in Muzikarmin oder in folgender Weise. Man färbe 15—20 Minuten in einer Anilinwasser-Magentarotlösung (siehe dort), am besten im Paraffinofen. Dann wird in Wasser gut ausgewaschen und für 5 Minuten in eine Lösung übertragen, welche in 300 ccm konzentrierter wässeriger Pikrinsäure 1 g Indigkarmin gelöst enthält. Nach der Färbung auswaschen in 70 proz. Alkohol. Einschluss in Balsam. Kerne und Schleim tiefrot, Protoplasma gelbgrün, Bindegewebe tiefblaugrün.

Der Ösophagus wird beim Menschen und grösseren Tieren aufgeschnitten, bei kleineren Tieren unaufgeschnitten in Zenker fixiert. Färbung wie bei den Speicheldrüsen oder nach van Gieson.

Vom Magen und Darm können nur kleinere Stücke fixiert werden, die man am besten mit Igelstacheln auf Wachsplatten aufspannt. Fixation in Zenker. Sind die Stücke in starkem Alkohol, so schneide man sich

mit dem Rasiermesser passende Stückchen zur Einbettung heraus. Färbung wie Speicheldrüsen oder auch mit Hämalaun-Eosin oder -Orange.

Gute Übersichtspräparate vom Pankreas liefert das Pankreas von Mensch, Katze und Hund. Fixation in Zenker oder Sublimatessigsäure, Färbung nach van Gieson. Für den feineren Bau der Pankreaszelle eignet sich vorzüglich das Pankreas von Salamandra. Fixation in Sublimatessigsäure oder Flemming. Färbung in Eisenalaun-Hämatoxylin.

Leber fixiere man in Zenker oder Sublimatessigsäure. Färbung nach van Gieson. Für die Demonstration der interlobulären Septen nehme man Schweineleber, für das Studium der Gallenkapillaren die Leber von Salamandra und Axolotl. Fixation in Sublimatessigsäure, Färbung in Eisenalaun-Hämatoxylin. Man kann die Gallenkapillaren mit Berliner Blau injizieren vom Ductus choledochus aus. Man kann sie auch mit Indigkarmin füllen auf folgende Weise. Einem lebenden frischeingefangenen Frosch wird die Rückenhaut in der Länge von 1—2 cm gespalten und eine Messerspitze indigschwefelsaures Natron in Pulverform in den Rückenlymphsack gebracht. Die kleine Wunde wird durch ein paar Nähte geschlossen und das Tier in feuchtes Moos gesetzt. Am nächsten Tag wird es durch Dekapitation getötet und die Leber in nicht zu kleine Stückchen zerschnitten in einer reichlichen Menge absolutem Alkohol aufgehängt. Nach der Entwässerung Xylol und Paraffineinbettung. Die 20—50 μ dicken Schnitte werden zur Lösung des Paraffins in ein Schälchen mit Xylol übertragen und dann auf dem Objektträger in Balsam eingeschlossen. Das ganze Gallenkapillarennetz erscheint mit blauem Farbstoff gefüllt. Auch die beim Nervensystem zu besprechende Golgimethode kann zur Darstellung der Gallenkapillaren dienen. Zur Demonstration des intralobulären Bindegewebes eignet sich vorzüglich die Versilberungsmethode von Bielschowsky. In Formalin fixierte Leber wird mit dem Gefriermikrotom in 10—20 μ dicke Schnitte zerlegt. Die Schnitte kommen für 2—3 Tage in 2 proz. wässerige Höllensteinlösung und dann nach kurzem Abspülen in dest. Wasser für $^1/_2$—1 Stunde in die folgende Silberammoniaklösung. Zu 5 ccm 5 proz. wässeriger Höllensteinlösung setze man 5 Tropfen 40 proz. Natronlauge unter starkem Schütteln. Der entstehende Niederschlag von Silberhydroxyd wird gelöst durch tropfenweisen Zusatz von starkem Ammoniak. Man braucht ungefähr 10—15 Tropfen Ammoniak vom spez. Gew. 0,91. Die Lösung wird mit 15—20 ccm destilliertem Wasser verdünnt. Nach 1 Stunde wird 2- oder 3 mal mit destilliertem Wasser abgespült und in eine Mischung von gleichen Teilen Formalin und Wasser übertragen. Entwässern. Einschluss in Balsam.

Die Gefässe der Leber lassen sich am besten von der Pfortader aus injizieren.

Untersuchung der Respirationsorgane.

Kehlkopf und Luftröhre von Kindern oder jungen Tieren fixiere man in Zenker. Färbung der Paraffinschnitte nach van Gieson in Verbindung mit der Weigert'schen Methode für elastisches Gewebe (S. 499).

Lunge injiziere man von einem in die Trachea eingebundenen Glastrichter aus mit absolutem Alkohol. Einbettung in Paraffin. Färbung wie Kehlkopf. Zur Darstellung des respiratorischen Epithels injiziere man statt des Alkohols 0,5 proz. wässerige Höllensteinlösung, schneide kleine Stücke heraus und lege sie im Dunkeln für 24 Stunden in die gleiche Lösung. Dann werden sie oberflächlich in destilliertem Wasser abgespült und auf dem Gefriermikrotom in 20—50 μ dicke Schnitte zerlegt. Die Schnitte werden dem Sonnenlicht ausgesetzt und können dann noch in Hämalaun nachgefärbt werden.

Die Blutgefässe der Lunge injiziert man von der Art. pulmonalis aus.

Untersuchung der Harnorgane.

Die Isolation der Harnkanälchen erfolgt durch Salzsäure in der früher geschilderten Weise (S. 481).

Zur Isolation der Epithelzellen der Harnkanälchen lege man dünne Rasiermesserschnitte der Rattenniere für 24 Stunden in 5 proz. wässerige Lösung von chromsaurem Ammoniak. Zerzupfen in Glyzerin.

Für Schnittpräparate fixiere man kleinere Stückchen der Niere in Carnoy oder Flemming. Färbung der Paraffinschnitte in Eisenalaun-Hämatoxylin.

Die Blutgefässe der Niere werden von der Art. renalis oder von der Aorta descendens aus injiziert.

Untersuchung der Fortpflanzungsorgane.

Zu Übersichtspräparaten fixiere man den Hoden von Neugeborenen in toto in Zenker.

Für feinere Strukturverhältnisse legt man den ganzen Hoden von Maus oder Ratte zunächst in Zenker oder Flemming und schneidet ihn nach 1—2 stündiger Einwirkung erst durch. Interstitielle Zellen findet man am schönsten im Katerhoden. Spermatogenese trifft man fast immer im Hoden von Maus und Ratte. Färbung: nach Zenker Eisenalaun-Hämatoxylin, nach Flemming Safranin.

Samenfäden entnimmt man dem Nebenhoden von Maus und Ratte und beobachtet in Ringer'scher Flüssigkeit. Zur Herstellung von Dauerpräparaten bringe man ein Tröpfchen Sperma auf den Objektträger und vermische es sofort mit einem Tröpfchen 1 proz. Osmiumsäure. Dann breitet man in recht dünner Schicht aus und lässt trocknen. Das lufttrockene

Präparat ziehe man zwei- bis dreimal, Schichtseite nach oben, durch eine Spiritusflamme und färbe dann mit Methylviolett (siehe dort).

Eier erhält man frisch, wenn man die grossen Follikel eines Rinder- oder Schweineovariums herauspräpariert und auf dem Objektträger ansticht. Dann fliesst zugleich mit dem Liquor auch das Ei heraus.

Eierstöcke von kleineren Tieren, am besten sind nicht zu alte Kaninchen, fixiere man in Zencker oder Flemming. Färbung der Paraffinschnitte nach van Gieson oder mit Hämalaun-Eosin oder mit Eisenalaun-Hämatoxylin. Zur Darstellung des Bindegewebes des Ovariums eignet sich vorzüglich die bei der Leber beschriebene Versilberung nach Bielschowsky (S. 505).

Uterus fixiere man in Zenker, Färbung nach van Gieson kombiniert mit der Weigertschen Färbung für elastisches Gewebe (S. 499). Das gleiche gilt für die Vagina.

Untersuchung der Bewegungsorgane.

Rotes Knochenmark erhält man aus dem Humerus oder Femur eines beliebigen jungen Tieres. Man säge ein Stück der Diaphyse durch und klemme es in einen Schraubstock ein. Es quillt dann das Mark aus der angeschnittenen Markhöhle hervor. Fixation in Zenker. Färbung in Hämalaun-Eosin oder Eisenalaun-Hämatoxylin. Man kann auch von dem hervorquellenden Mark Ausstrichpräparate anfertigen und dieselben genau so behandeln, wie ein Blutpräparat.

Für das Studium der Knochenentwickelung eignen sich vorzüglich die Phalangen menschlicher Embryonen des 4—5 Monats. Fixation in Zenker. Entkalkung in Salpetersäure. Einbettung in Paraffin oder Zelloidin. Färbung in Hämalaun-Eosin. Die Entwickelung von Bindegewebsknochen untersucht man am embryonalen Stirn- oder Scheitelbein.

Für Sehnenquerschnitte ist der Rattenschwanz ein vorzügliches Objekt. Fixation in Zenker. Entkalkung in Salpetersäure. Einbettung in Zelloidin. Färbung nach van Gieson.

Zum Studium der Muskelsehnenverbindung fixiere man das ganze enthäutete Hinterbein des Frosches in Zenker. Im 95 proz. Alkohol trennt man die untere Hälfte des M. gastrocnemius mitsamt seiner Achillessehne ab und behandelt sie weiter. Einbettung in Zelloidin. Längsschnitte. Färbung nach van Gieson.

Untersuchung des Nervensystems.

Man nehme das Gehirn- und Rückenmark im Zusammenhang aus der Schädelhöhle resp. aus dem Wirbelkanal in bekannter Weise heraus und übertrage in eine grosse Menge 10 proz. wässeriger Formalinlösung. Am besten eignet sich ein recht weites und hohes zylindrisches Gefäss, dessen Boden handhoch mit Watte belegt wird. Das Gehirn kommt zu unterst, das Rückenmarkende wird mit einer Schnur am Deckel

befestigt. Das Gehirn muss aber fest auf der Watte aufliegen, so dass keine Zerrung entsteht. Nach 2 Tagen wasche man 2—3 Stunden in fliessendem Wasser aus und kann nun ohne Schädigung Gehirn und Rückenmark in je nach der zu wählenden Schnittrichtung entsprechende Stücke zerlegen. Man übertrage die letzteren in ein grosses Quantum Müller'sche Flüssigkeit für 4—6 Wochen. Anfangs muss die Flüssigkeit öfters gewechselt werden.

Zur Darstellung der Form und Verteilung der Nervenzellen in der grauen Substanz spüle man 0,5—1 cm dicke Stücke von Rückenmark und Gehirn, die wie oben behandelt sind, oberflächlich in Wasser ab und übertrage sofort in eine 1 proz. wässerige Lösung von karminsaurem Natron für 2—4 Tage. Danach mehrstündiges Auswaschen in Wasser. Einbettung in Paraffin oder Zelloidin.

Zur Darstellung der markhaltigen Fasern dient am besten die von Pal modifizierte Weigert'sche Markscheidenfärbung. 1—2 cm dicke Stücke des wie oben fixierten Zentralnervensystems werden oberflächlich in Wasser abgespült, in bekannter Weise entwässert und in Zelloidin eingebettet. Am besten nimmt man alle diese Prozeduren im Dunkeln vor. Die Zelloidinschnitte kommen, nachdem der Alkohol durch Wasser entfernt ist, für zwei Tage in Müller'sche Flüssigkeit, der man auf 100 ccm 5 ccm 1 proz. wässerige Chromsäure zusetzt, werden dann kurz in Wasser abgespült und in 1 proz. wässerige Hämatoxylinlösung übertragen. (Über Herstellung siehe Eisenalaun-Hämatoxylin S. 492.) Die tiefschwarz gefärbten Schnitte kommen nach 24 Stunden in eine Mischung von 95 ccm destilliertes Wasser und 5 ccm konzentrierte wässerige Lösung von Lithionkarbonat. Hier zieht die Farbe stark aus und die Mischung wird so lange gewechselt, bis der die Schnitte umgebende Zelloidinmantel vollkommen farblos erscheint. Die nun folgende Differenzierung wird so vorgenommen. Man stellt sich fünf grosse Uhrschalen mit folgendem Inhalt nebeneinander: Die erste Schale enthält destilliertes Wasser, die zweite eine 0,3 proz. wässerige Lösung von übermangansaurem Kali, die dritte und vierte Schale enthalten die sog. Säuremischung d. i. eine Lösung von 1 g Oxalsäure und 1 g schwefligsaurem Kalium in 200 ccm destilliertem Wasser. Die fünfte und letzte Schale enthält Leitungswasser. Jeder Schnitt muss nun einzeln auf dem Spatel sämtliche fünf Schalen passieren, wobei er in jeder Schale ca. $^1/_2$—1 Minute verweilt. In dem Permanganat bräunt sich der Schnitt, in der Säuremischung hellt er sich auf und es hebt sich nun die tief blau gefärbte weisse Substanz scharf gegen die heller gefärbte graue Substanz ab. Wird dieser Effekt durch einmalige Passage nicht erreicht, so wird die ganze Prozedur so oft wiederholt, bis der richtige Grad der Differenzierung erreicht ist. Die differenzierten Schnitte werden über Nacht gründlich in oft gewechseltem Wasser ausgewaschen, in 95 proz. Alkohol entwässert und durch Karbolxylol und Xylol in Kanadabalsam übertragen.

Zur Darstellung der Nervenzellen hat man sich früher vorzugsweise der Chromsilbermethode von Golgi bedient, dieselbe ist jedoch, so

prächtige Bilder sie auch unter Umständen liefert, so unsicher, dass wir sie dem Anfänger nicht empfehlen können. Dagegen wird man mit den Silberimprägnationsverfahren nach Bielschowsky (siehe S. 505) nur selten einen Misserfolg erleben. Wir wollen sie aber doch in aller Kürze besprechen. Man verwende nur Material von ganz jungen, höchstens 3—4 Wochen alten Tieren oder Menschen oder noch besser embryonales Nervensystem. Vorzüglich geeignet sind Rückenmark und Gehirn von jungen Kälbern, neugeborenen Hunden und Katzen, wenige Tage alten Mäusen, 6—10 Tage alten Hühnerembryonen. Bei beiden letzteren kann man die Wirbelsäule mitschneiden. Man bringe kleine Stücke in eine Mischung von 4 Teilen 3,5 proz. wässeriger Lösung von Kaliumbichromat und 1 Teil 1 proz. Osmiumsäure für 2—7 Tage auf den Paraffinofen bei 25—30°. Man nehme nicht zu wenig von der Flüssigkeit. Auf ein Stückchen mindestens 10—15 ccm. Von der Dauer der Einwirkung hängt bis zu einem gewissen Grad der Erfolg ab, zuerst imprägnieren sich die Gliaelemente, dann die Nervenzellen und am spätesten die Nervenfasern mit ihren Kollateralen. Dann werden die Stückchen auf Fliesspapier etwas abgetrocknet und in 0,75 proz. wässerige Höllensteinlösung für 1—3 Tage übertragen. Ohne abzuwaschen werden denn die Stückchen innerhalb 1—2 Tagen entwässert, für die gleiche Zeit in eine mitteldicke Zelloidinlösung übertragen, auf Holzklötzchen aufgeklebt und zur Nachhärtung mehrere Stunden in 70 proz. Alkohol eingelegt. Man fertige mit dem Mikrotom dicke (50—100 μ) Schnitte an, übertrage in 95 proz. Alkohol, Karbolxylol und Xylol. Die Schnitte werden in Balsam konserviert, dürfen aber nicht mit einem Deckglas bedeckt werden. Am besten legt man die Schnitte auf Deckgläser in einen Tropfen Balsam. Ist der letztere erhärtet, so dreht man das Deckglas um und legt es mit dem Präparat nach unten auf einen mit entsprechendem Ausschnitt versehenen hölzernen Objektträger, auf dem man es mit Krönig'schem Lack festkittet.

Für das Studium des Nervenquerschnittes eignet sich der Nerv. ischiadicus vom Menschen oder von grösseren Tieren. Fixation in Müller, Färbung in karminsaurem Natron (siehe oben), Einbettung in Paraffin, Nachfärbung der Schnitte mit Pikrinsäure-Indigkarmin (siehe S. 504). Oder Fixation in Zenker, Färbung der Schnitte nach van Gieson.

Für die Darstellung der Zellen der Spinalganglien eignet sich einmal die Bielschowsky'sche Silberimprägnation, dann aber auch hervorragend die sog. vitale Methylenblaufärbung, deren Technik hier ganz kurz in der einfachsten Form angeführt sei. Einem tief narkotisierten Tiere, am besten eignen sich Kaninchen, wird der Thorax geöffnet und das Tier durch Abschneiden der Herzspitze verbluten lassen. Sobald das erfolgt ist, führt man eine mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllte Kanüle durch den linken Ventrikel hindurch in die Wurzel der Aorta und bindet sie dort ein. Die Aorta descendens wird oberhalb des Zwerchfells abgebunden. Nun injiziere man unter möglichst geringem Druck eine körper-

warme Lösung von 0,5 gr. Methylenblau (am besten ist das Methylenblau chemisch rein kristall. der Höchster Farbwerke) in 200 ccm destilliertem Wasser so lange, bis Zunge und Conjunctiva tief blau gefärbt sind. Das Tier bleibt $^1/_2$ Stunde liegen, dann werden die zu untersuchenden Teile freigelegt und der Luft ausgesetzt. Spinalganglien halbiere man mit einem scharfen Rasiermesser der Länge nach und lege sie in eine feuchte Kammer. Nach $^1/_2$—2 Stunden tritt die Färbung ein. Fixation 12 Stunden in 10 proz. wässeriger Lösung von Ammoniummolybdat, auswaschen 1—2 Stunden in fliessendem Wasser, entwässern innerhalb 24 Stunden in auf Eis abgekühltem Alkohol abs., Xylol, Paraffineinbettung. Man fertige dicke Schnitte an, löse das Paraffin in Xylol und schliesse in Balsam ein.

Den Übergang der bipolaren Form der Spinalganglienzellen in die unipolare Form trifft man bei Hühnerembryonen von 10—15 Tagen. Behandlung nach Golgi (S. 509) oder Cajal (S. 501) oder Bielschowsky (S. 505).

Nervenendkörperchen untersuche man durch Fixation des betreffenden Materials in 0,5 proz. Osmiumsäure oder in Flemming. Für Merkel'sche Tastzellen empfiehlt sich die Haut des Schweinsrüssels, für Grandry'sche und Herbst'sche Körperchen die Wachshaut des Entenschnabels, für Meissner'sche Körperchen die Haut der Fingerbeere vom Menschen, für Pacini'sche Körperchen das Mesenterium der Katze, für Krause'sche Endkolben die Conjunctiva sclerae.

Für alle peripheren Nervenendigungen verwende man die folgende Vergoldungsmethode von Ranvier. 8 Teile 1 proz. wässerige Goldchloridlösung und 2 Teile Ameisensäure werden in einem Becherglas bis zum Kochen erhitzt. In die abgekühlte Mischung lege man kleine Stückchen für eine Stunde lang im Dunkeln. (Man vermeide die Berührung der Goldlösung mit Metallinstrumenten.) Dann wird flüchtig in destilliertem Wasser abgewaschen und 24—48 Stunden in einer Mischung von 1 Teil Ameisensäure und 4 Teilen destilliertem Wasser am Licht reduziert. Sind die Stückchen dunkelviolett geworden, so entwässert man in Alkohol und schliesst Zelloidineinbettung an.

Auch die oben beschriebene Methylenblaumethode leistet für diese Zwecke vortreffliche Dienste; Nerven der Zunge, der Conjunctiva, Cornea der Wachshaut des Entenschnabels lassen sich so in wunderbarer Klarheit darstellen. Man hat dabei den Vorteil, dass man die Schnitte noch, z. B. in Karmalaun nachfärben kann.

Noch empfehlenswerter für Nervenendigungen ist folgende, einfachere Methylenblaufärbung: Lebenswarme, ca. 1 mm dicke Scheiben der Haut, Schleimhaut etc., werden auf dem Objektträger in $^1/_{12}$ proz. Methylenblaulösung in physiologischer Kochsalzlösung ca. 1 $^1/_2$ Stunde gefärbt. Fixation 24 Stunden in 10 proz. wässeriger Lösung von Ammoniummolybdat, auswaschen 2 Stunden in fliessendem Wasser. Entwässern innerhalb 1 $^1/_2$ Stunden im öfters gewechselten Alkohol abs. 2 Stunden Xylol. Paraffin 1 Stunde. Einbetten.

Auch für motorische Nervenendigungen eignet sich die Methylenblaumethode vorzüglich. Man wähle Kaninchen und untersuche vor allem die Augenmuskeln, die langen Halsmuskeln, die Interkostalmuskeln und ganz besonders das Zwerchfell. Für diesen Fall fixiere man nicht in Ammoniummolybdat, sondern 24 Stunden lang in einer konzentrierten, wässerigen Lösung von pikrinsaurem Ammoniak. Einschluss in Glyzerin. Zur Vergoldung eignen sich vor allem das Zwerchfell und die Interkostalmuskeln kleiner Säuger (Maus) und die Muskeln von Schlangen und Eidechsen. Man lege nach der Bremer'schen Methode kleine Stückchen, das Zwerchfell der Maus in toto mittelst Igelstacheln auf eine dünne Wachsplatte aufgespannt in eine Mischung von einen Teil Ameisensäure und drei Teilen destilliertes Wasser bis sie durchsichtig geworden sind, übertrage sie dann 15—20 Minuten im Dunkeln in 1 proz. wässerige Goldchloridlösung und bringe sie ebenfalls im Dunkeln in die 25 proz. Ameisensäure zurück. Am nächsten Tag ersetzt man die letztere durch 50 proz. Ameisensäure und am übernächsten Tag durch eine Mischung von vier Teilen Glyzerin und ein Teil Ameisensäure. Hier bleiben sie 2—3 Wochen und können dann in Glyzerin eingeschlossen werden.

Untersuchung der Haut.

Für Übersichtsbilder fixiere man die Haut in absolutem Alkohol oder in Zenker. Einbettung in Zelloidin. Will man in Paraffin einbetten, so muss man möglichst kleine Hautstückchen nehmen und den Aufenthalt im absoluten Alkohol auf 12 Stunden, im Chloroform auf 2—3 Stunden beschränken. Dem Hartparaffin setze man etwas Weichparaffin zu. Zur Färbung eignet sich vor allem die van Giesonmethode oder auch Eisenalaun-Hämatoxylin mit Eosinnachfärbung. Für die elastischen Fasern kombiniere man die Weigert'sche Färbung mit der van Giesonmethode in der S. 499 besprochenen Weise.

Für Haarlängs- und querschnitte fixiere man frische Kopfhaut in absolutem Alkohol. Einbettung in Zelloidin. Färbung mit Hämalaun-Eosin oder besser zuerst mit Hämalaun, dann 24 Stunden mit Safranin oder Anilin-Magentarota (siehe S. 504), kurz abspülen in 95 proz. Alkohol und nachfärben 3—5 Minuten in der Pikrinsäure-Indigkarmin-mischung. Kerne violett, Protoplasma und Arrectores gelb, innere Wurzelscheide tiefrot, Bindegewebe blaugrün.

Zur Untersuchung der Haarentwickelung ist die Kopfhaut vier- bis sechsmonatlicher menschlicher Embryonen geeignet.

Schweissdrüsen findet man in der Haut der Vola manus und der Achselhöhle, ein sehr gutes Objekt ist auch die Haut der Katzenpfote. Fixation in Zenker oder Flemming.

Die Blutgefässe der Haut von Hand oder Fuss injiziere man von der Art. ulnaris resp. der Art. tibialis posterior aus. Fixation in

10 proz. Formalin. Zelloidineinbettung. Man fertige dicke Mikrotomschnitte an.

Übersichtspräparate über die Milchdrüse liefert die in absolutem Alkohol fixierte Brustwarze mit angrenzenden Drüsenteilen. Einbettung in Zelloidin. Für den feineren Bau der Milchdrüse fixiere man kleine Stückchen der Drüse eines trächtigen oder säugenden Meerschweinchens oder einer Hündin in Flemming. Einbettung in Paraffin. Färbung in Safranin.

Die Elemente von Milch und Colostrum können ohne weiteres untersucht werden.

Untersuchungsmethoden für das Auge.

Die Anfertigung guter Schnitte durch den ganzen Bulbus ist eine sehr schwierige Sache. Wir empfehlen folgendes Verfahren. Der ganze unverletzte Bulbus, das Aufschneiden ist für Totalpräparate unter allen Umständen zu vermeiden, wird am Sehnerven mit einem Seidenfaden angebunden und in ein entsprechend weites 10—20 cm hohes Glas eingehängt, dessen Boden mit einer 0,5 cm hohen Schicht 2 proz. Osmiumsäure bedeckt ist. Das gut verschlossene Glas wird nun 1 cm tief in heisses Wasser gestellt, bis die sich entwickelnden Osmiumdämpfe das Auge völlig geschwärzt haben. Dann hängt man für 3—4 Wochen in einem grossen Glas mit Müller'scher Flüssigkeit auf, wäscht 24 Stunden aus und entwässert sehr vorsichtig, täglich um 5% Alkohol steigend. Einbettung in Zelloidin. In der dünnen Zelloidinlösung werden zwei parallele Kappen der Bulbuswand abgetragen, ebenso wird ein kleiner Sektor der Cornea entfernt, damit das Zelloidin in alle Hohlräume eindringe.

Ein negatives Bild der Saftlücken und -Kanälchen der Hornhaut erhält man folgendermassen: Man nehme die Hornhaut von einem frischen Ochsenauge, kratze das Epithel weg und lege die Hornhaut in eine 1 proz, Höllensteinlösung im Dunkeln für 3—6 Stunden ein. Dann setze man das ganze Stückchen im Wasser dem Sonnenlichte aus. Ist die Reduktion erfolgt, so härte man im steigenden Alkohol, durchtränke mit Zelloidin und mache Flächenschnitte. Das Kanalsystem erscheint weiss auf braunem Grunde. Färbt man solche Schnitte mit Hämatoxylin nach, so treten die Kerne der Hornhautzellen hervor.

Für positive Hornhautbilder empfiehlt sich die folgende Vergoldungsmethode von Ranvier. Die Hornhaut eines beliebigen Tieres wird mit dem Rasiermesser abgetrennt und je nach ihrer Dicke für 5—10 Minuten in frisch ausgepressten und durch Leinwand filtrierten Zitronensaft gebracht, dann kurz in destilliertem Wasser abgespült und 15—30 Minuten in 1 proz. wässerige Goldchloridkaliumlösung ins Dunkle gebracht. Dann wird wieder kurz in Wasser abgewaschen und in 0,5 proz. Essigwasser dem Sonnenlicht ausgesetzt. Ist die Reduktion vollendet und die

Hornhaut rotviolett gefärbt, so kann man entwässern und in Zelloidin einbetten. Man fertige Quer- und Flachschnitte an.

Für den feineren Bau der Augenhäute zerlege man den frischen Bulbus durch einen Äquatorialschnitt in eine vordere und hintere Hälfte. Fixation in Flemming, Zenker oder Carnoy. Einbettung nach Entfernung der Linse in Zelloidin. Färbung beliebig.

Für die Untersuchung der Retina im Flächenpräparat eignet sich vor allem die Methylenblaufärbung in folgender Weise. Der N. opticus wird mitsamt seiner Papille durch einen sämtliche Augenhäute durchtrennenden Schnitt mit einer krummen Schere vom Bulbus abgetrennt. Durch Schütteln in physiologischer Kochsalzlösung lässt sich dann die Netzhaut leicht entfernen. Man bringe sie auf eine grosse Glasplatte, präpariere den anhängenden Glaskörper möglichst vollkommen ab und tropfe eine dünne Methylenblaulösung auf (1 ccm einer 1 proz. wässerigen Lösung auf 15—20 ccm physiologische Kochsalzlösung). Das Präparat wird mit einer Glasschale bedeckt und ab und zu mit schwacher Vergrösserung durchmustert. Nach 15—20 Minuten beginnt gewöhnlich die Färbung von Zellen und Fasern. Ist der Höhepunkt erreicht, so wird in konzentrierter wässeriger Lösung von Ammoniumpikrat fixiert und nach 12 Stunden in Glyzerin eingeschlossen.

Für Schnittpräparate der Retina eignet sich die Chromsilbermethode von Golgi (S. 509) und noch besser die Versilberungsmethoden von Cajal (S. 501) und Bielschowsky (S. 505).

Linsenfasern lassen sich leicht durch Mazerieren der Linse in Drittelalkohol nach 2—3 Tagen isolieren. Man schneide die äquatorialen Partien ab und färbe in Hämalaun. Für Durchschnitte fixiere man die Linse in Zenker und bette in Zelloidin ein.

Die Nerven der Hornhaut erhält man gleichzeitig mit den Hornhautkörperchen nach der oben angegebenen Gold-Zitronensaftmethode oder nach Injektion von Methylenblau von der Aorta aus (siehe S. 509).

Augenlider fixiere man in Zenker, bette in Zelloidin oder Paraffin ein und färbe die Schnitte nach van Gieson.

Untersuchung des Gehörorgans.

Die Untersuchung des Gehörorganes bildet eins der schwierigsten Kapitel der Mikrotechnik, wir können sie hier nur ganz flüchtig streifen. Für Schnecke und Corti'sches Organ wähle man am besten neugeborene Meerschweinchen oder 3—6 Wochen alte Kaninchen. Man löse das Felsenbein aus dem Schädel, öffne mit dem Messer die Bulla ossea und lege das Präparat in Flemming für 8—14 Tage. Wird die Flüssigkeit während dieser Zeit einmal gewechselt, so braucht das Präparat besonderer Entkalkung nicht unterzogen zu werden. Einbettung am besten in Zelloidin, doch ergibt auch Paraffineinbettung bei vorsichtiger Handhabung gute Resultate. Wichtig ist gute Orientierung. Man schneide parallel zur

Schneckenachse, die schönsten Schnitte fallen durch dieselbe. Färbung mit Safranin oder Eisenalaun-Hämatoxylin.

Äusserer Gehörgang und Tube werden in Zenker fixiert. Einbettung in Paraffin. Färbung nach van Gieson.

Untersuchungsmethoden für die Nase.

Zur Fixation der Nasenschleimhaut eignet sich vor allem Flemming und Zenker. Isolation der Zellen in 0,1 proz. Osmiumsäure oder in Drittelalkohol. Das Riechepithel erkennt man an seiner gelben Farbe. Man kann die ganze obere Muschel in toto fixieren und später entkalken. Von spezifischen Methoden empfiehlt sich die vitale Methylenblaufärbung und die Versilberung nach Bielschowsky (S. 505).

Untersuchung der Geschmacksorgane.

Am meisten empfiehlt sich die Papilla foliata des Kaninchens. Man schneide dieselbe mit der darunter liegenden Muskulatur heraus und fixiere in Flemming oder man fixiere die Zunge in toto in Zenker und schneide die Papille erst im 95 proz. Alkohol heraus. Einbettung in Paraffin. Färbung der Schnitte nach van Gieson und vor allem mit Eisenalaun-Hämatoxylin.

Die Nerven der Geschmacksknospen lassen sich in ganz vorzüglicher Weise durch die vitale Methylenblaumethode (S. 509) darstellen. Nachfärbung der Paraffinschnitte mit Karmalaun. Auch die Chromsilbermethode von Golgi (S. 509) ergibt manchmal recht gute Resultate.

Autoren-Register.

Sach-Register.

A.

B.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

J.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

V.

W.

X.

Z.

Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8. Fig. 9.

Fig. 11.

Fig. 10.

Fig. 5—11.

Halbschematische Darstellung des Zell- und Kernteilungsprozesses bei Ascaris megalocephala. Nach v. Kostanecki.

Fig. 5. Ruhende Zelle. Fig. 6. Zentrosom erlag der Teilung. Fig. 7. Prophase — die Zentrosomen lagern sich an den Polen, die Strahlung sehr stark entwickelt — das Chromatin des Kerns zerfiel in vier Chromosomen. Fig. 8. Muttersternstadium. — Chromosomen im Äquator gelagert. Fig. 9. Metaphase. — Die längs gespaltenen Chromosomenschleifen entfernen sich gegen die Pole zu. Fig. 10. Anaphase. — Der Zelleib beginnt sich zu teilen. Fig. 11. Die Teilung des Zelleibes bereits beinahe abgeschlossen. Die Zentralspindel gibt den Anfang dem späteren Zwischenkörper. Die Kerne übergehen in das Stadium der Knäuel.

Curt Kabitzsch (A. Stubers Verlag) Würzburg.

Fig. 14.

G
Sp C
Sp K
I R Sp

Fig. 15.

I R K
C Sp K

Fig. 16.

I K R
II R Sp
Sp St
Sp K

Fig. 17.

Fig. 14—17.

Acht Stadien der Befruchtung bei Physa fontinalis.
Nach Kostanecki und Wierzejski.

Fig. 14. Muttersternstadium in Metakinese übergehend zum Zwecke der Bildung des ersten Richtungskörpers. Der Samenfaden ist in toto ins Ei eingedrungen.

Fig. 15. Bildung des ersten Richtungskörpers. Die Zentralkörperchen am Eipol geteilt.

Fig. 16. Erster Richtungskörper gebildet. Muttersternstadium zum Zwecke der Bildung des zweiten Richtungskörpers. Die Spermastrahlung entfernt sich vom Spermakern. Die Zentralkörperchen sind durch eine minimale Zentralspindel verbunden.

Fig. 17. Die Bildung des zweiten Richtungskörpers — Spermastrahlung mit zwei Zentralkörperchen dem bläschenförmigen Spermakern vorangehend.

Curt Kabitzsch (A. Stubers Verlag) Würzburg.

Fig. 18.

I R K
II R K
Ei K
Sp St
Sp K

Fig. 19.

I R K
II R K
Ei K
Sp K
Sp St

Fig. 20.

Fig. 21.

I F Sp

Fig. 18—21.

Fig. 18. Oben zwei Richtungskörper. dann der bläschenförmig veränderte Eikern mit Resten der Eikernstrahlung. Die Spermastrahlung hat sich vergrössert.

Fig. 19. Eikern und Spermakern nähern sich einander. Die Spermastrahlung und die Zentralkörperchen entfernen sich voneinander.

Fig. 20. Eikern und Spermakern liegen dicht aneinander. Die Zentralkörperchen haben sich zu beiden Seiten gelagert.

Fig. 21. Die Chromosomen des Ei- und Spermakerns haben das Muttersternstadium gebildet, um den zwei ersten Furchungszellen den Ursprung zu geben.

Erläuterungen der Buchstaben:

C Sp K = Zentralspindelkörper.
Ei K = Eikern.
I F Sp = erste Furchungsspindel.
G = Geissel des Samenfadens.
I R K = erstes Richtungskörperchen.
II R K = zweites Richtungskörperchen.
I R Sp = erste Richtungsspindel.
II R Sp = zweite Richtungsspindel.
Sp C = Spermazentralkörperchen.
Sp K = Spermakern.
Sp St = Spermastrahlung.

Curt Kabitzsch (A. Stubers Verlag) Würzburg.

Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.

Fig. 26.

Fig. 27.

Fig. 28.

Fig. 29.

Fig. 30.

Fig. 31.

Fig. 32.

Fig. 33.

Fig. 22—33.

Erläuterung siehe Seite 30.

Curt Kabitzsch (A. Stubers Verlag) Würzburg.

Fig. 48.

Die Zellformen des lockeren Bindegewebes (nach Maximow). Färbung mit Methylenblau. (Erklärung im Text.) Ca. 1000 mal vergrössert.

Fig. 49.

Fettgewebe aus dem Mesenterium des Kaninchens. Färbung mit Hämalaun und Sudan III. Das Fett ist rot gefärbt, *bl* Blutgefässe. Ca. 50 mal vergrössert.

Szymonowicz, Histologie, 2. Aufl.

Kurt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg

Kgl. Univers.-Druckerei v. H. Stürtz, Würzburg.

J. Baracz.

Fig. 56.

Aus einem Längsschliff durch die Diaphyse eines Röhrenknochens (Ulna) des Menschen.

Ca. 90 mal vergrössert. Alle Kanäle und Knochenhöhlen sind mit Farbstoff ausgefüllt. Haverssche Kanäle sind längs durchschnitten.

C. Kabitzsch (A. Stubers Verlag) Würzburg.

Fig. 57.

Aus einem Querschliffe durch die Diaphyse eines Röhrenknochens (Metatarsus) des Menschen.

Ca. 90 mal vergrössert. a) Äussere Grundlamellen; b) innere Grundlamellen; c) Havers'sche Lamellen; d) interstitielle Lamellen. Alle Kanäle und Knochenhöhlen sind mit Farbstoff ausgefüllt.

C. Kabitzsch (A. Stubers Verlag) Würzburg.

Fig. 67.

Fig. 68.

Fig. 69.

Fig. 70.

Fig. 71.

Szymonowicz, Histologie, 2. Aufl.

Kurt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg.

Kgl. Univers. Druckerei v. H. Stürtz, Würzburg.

Fig. 82.

K
Kz
uk
Kz
ml
Kz
mg

Fig. 83.

Kz
r
x

Fig. 84.

ml
Kz
Kz
ml
ml

Fig. 85.

Fig. 87.

nr
nr

Fig. 86.

nr
Kol
Kol

Szymonowicz, Histologie, 2. Aufl.

Kurt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Kgl. Univers. Druckerei v. H. Stürtz, Würzburg.

Fig. 111.

Normales Blut vom Menschen. Ausstrichpräparat. Eosin-Methylenblaufärbung. Inmitten der roten Blutkörperchen ist oben ein Lymphozyt, in der Mitte ein neutrophiler Leukozyt zu sehen. ca. 600 mal vergrössert.

Fig. 112.

Haematoxylin-Eosinfärbung.

a b c d e f

Triacidfärbung.

a b c d e f

Eosin-Methylenblaufärbung. (May-Grünwald).

a b c d e f

Verschiedene Arten von Leukozyten aus dem normalen menschlichen Blut mittels drei verschiedener Methoden gefärbt. a = Lymphozyt, b = grosser, mononukleärer Leukozyt, c = Übergangsform, d = neutrophiler Leukozyt, e = eosinophile Zelle, f = Mastzelle. ca. 1000 mal vergrössert.

L. Csala del.

Kurt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg. Kgl. Univers. Druckerei v. H. Stürtz, Würzburg.

Fig. 124.

Aus der Milz des Kaninchens.

Die Blutgefässe sind doppelt injiziert, die Venen blau, die Arterien rot. In der Mitte ist ein Malpighi'sches Körperchen getroffen. Ca. 100 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Schleimdrüse
Haarbälge
Fettgewebe
Epidermis
Schleimhaut-epithel
Blutgefässe
Schweissdrüsen
Schleimhaut-epithel
Längsdurch-schnittene Muskel-fasern
Querdurch-schnittene Muskeln
Schleimhaut-epithel mit hohen Papillen
Die Stelle, wo die Ver-hornung beginnt

Fig. 135 a.

Schnitt durch die Oberlippe eines 2 1/2 Jahre alten Kindes.

Ca 14 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stubers Verlag) Würzburg.

Fig. 139.

Aus einem Längsschliffe durch den Seitenteil der Krone eines menschlichen Eckzahnes.

Die mit Farbstoff gefüllten Zahnkanälchen teilweise zwischen die Schmelzprismen hineinlaufend. Interglobularraum mit violettem Farbstoff gefüllt, ist durch Zahnbeinkugeln begrenzt. Ca. 330mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 140.

Aus einem Querschliffe durch den Hals eines menschlichen Backzahnes.

Die Zahnkanälchen zeigen Teilungen und zahlreiche Verbindungen untereinander. Alle Zahnkanälchen sind mit Farbstoff imprägniert. Ca. 330 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stubers Verlag) Würzburg.

Fig. 141.

Aus einem Querschliffe durch die Wurzel eines menschlichen Backzahnes.

Die mit violettem Farbstoff gefüllten Zahnkanälchen zeigen zahlreiche Teilungen. Es sind auch kleine Interglobularräume der Körnerschicht zu sehen. Ca. 330 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stubers Verlag) Würzburg.

Epithel der Balghöhle
Blutgefäss
Epithel der Rachenhöhle
Follikel
Balghöhle
Schleimdrüsen
Bindegewebshülle

Fig. 151.

Schnitt durch eine Gaumenmandel des Hundes.

Bei × sind ausgewanderte Leukozyten zu sehen. Ca. 15mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 155

Drüsenläppchen
Langerhans'sche Inseln
Blutgefässe
Binde-gewebe
Ausführungsgang

Fig. 153.
Gianuzzi'scher Halbmond
Sekret-kapillare
Blut-gefäss
Seröser Tubulus
Sekret-kapillaren
Schaltstück
Schleimtubulus
Gianuzzi'scher Halbmond
Speichel-rohr.
Bindegewebe

Fig. 154.
Cuticularsaum
W
K
W
B
R
J
R
B
B
Bm.
J
W
K

B = Becherzellen
W = Wanderzellen
K = Kerne der Epithelzellen
Bm = Basalmembran
J = Interzellularlücken
R = Zellen des retikulierten Bindegewebes

Fig. 153. Aus einem Schnitt durch die Glandula submaxillaris des Menschen. Färbung nach Biondi. Ca. 600 mal vergr.

Fig. 154. Aus einem Längsschnitt durch eine Darmzotte der Katze. Ca. 1100 mal vergr.

Fig. 155. Aus einem Schnitt durch das Pankreas des Menschen. Ca. 100 mal vergr.

Fig. 155.

Fig. 153.

Fig. 154.

J. Barącz ad nat. del.

Werner & Winter, Frankfurt a/M.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg.

Epithel der Oberfläche

Magengrübchen

Tunica propria

Hals

Belegzellen

Glatte Muskelzellen

Körper der Drüse

Hauptzellen

Grund der Drüse

Fig. 162.
Aus einem senkrechten Schnitt durch die Magenschleimhaut der Fundusgegend des Menschen.

Ca. 250 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Epithel der Oberfläche

Tunica propria

Pylorusdrüsen

Schrägschnitte von Pylorusdrüsen

Solitärknötchen

Muscularis mucosae

Barącz

Fig. 166.

Aus einem senkrechten Schnitt durch die Magenschleimhaut der Pylorusgegend des Menschen.

Ca. 100mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Zotte

Lieberkühn'sche Drüse

Muscularis mucosae

Ausführungsgang der Brunner'schen Drüse

Brunner'sche Drüse

Blutgefäss

Ringmuskellage

Ganglienzellen des Auerb. Plexus

Längsmuskellage

Baracz

Fig. 167.

Aus einem Längsschnitte durch das Duodenum der Katze.

34mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Zentraler Zottenraum

Wanderzelle

Zottenepithel

Glatte Muskelzelle

Becherzellen

Lieberkühn'sche Drüse

Schrägschnitte der Drüsen

Grund der Drüse

Muscularis mucosae

Fig. 168.

Senkrechter Schnitt durch die Schleimhaut des Jejunum der Katze.

Ca. 115 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 169.

Aus einem Schnitt durch das Duodenum der Katze.

Es ist die ganze Submucosa samt Brunner'schen Drüsen und angrenzende Partien der Mucosa und Muscularis zu sehen. Ca. 100 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 173.

Aus einem Schnitte durch den injizierten Dünndarm des Kaninchens.

Die Arterien rot, die Venen blau injiziert.
Ca. 50mal vergrössert.

Fig. 172.

Aus einem Schnitt durch eine doppelt injizierte Submaxillaris des Kaninchens.

Die Arterien rot, die Venen blau injiziert Ca. 100mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 179.

Blutgefässe von drei Leberläppchen des Kaninchens, blau injiziert.

In der Mitte der Läppchen sind Venae centrales, an der Peripherie der Läppchen Venae interlobulares zu sehen. Ca. 60 mal vergrössert.

Fig. 180.

Schema der Leber.

Es sind drei Läppchen (I, II, III) zu sehen. Die Gallenwege sind schwarz, die Arterien rot und die Venen blau dargestellt. V. i. = Vena interlobularis, A = Ausführungsgang. Die Richtung des Kreislaufes ist eingezeichnet.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Bronchiolus respiratorius

Faserhaut

Lungenalveolen

Drüsen-ausführungsgang

Blut-gefäss

Muskel-haut

Knorpel

Fettgewebe

Schleimdrüse

Tunica propria

Epithel

Fig. 183.

Querschnitt eines 1 3/4 mm dicken Bronchialastes der Katze.

Ca. 40mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 186.

Längsschnitt durch einen Teil einer Affenniere.

a. a. = art. arciformis; v. a. = vena arciformis.
Ca. 13mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

I II III

Rinden-
substanz

Markstrahl

Marksubstanz

Vena
interlobularis
Arteria
interlobularis

Vena
interlobaris

Arteria
interlobaris

Fig. 187.

Schematische Darstellung des Verlaufes der Harnkanälchen (rechts) und der Nierengefässe (links).

Die Arterien sind rot, die Venen blau, die Kapillaren violett; Capsulae Bowmani, Tub. cont. I. ord., Ansae Henlei sind schwarz, Tub. cont. II. ord. und Sammelröhrchen grau.

I, II, III = drei Nierenläppchen, 1 = Capsula Bowmani, 2 = Tub. cont. I. ord., 3 = Ramus descendens ansae Henlei, 4 = Ramus ascendens ansae Henlei, 5 = Tub. cont. II. ord., 6 = Sammelröhrchen, 7 = Ductus papillaris.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Tubuli contorti

Markstrahl

Glomerulus

Art. interlobularis

Fig. 188.

Aus einem Längsschnitt durch die Rinde einer Affenniere.

Man sieht zwei Markstrahlen und dazwischen die Malpighi'schen Körperchen und die gewundenen Kanälchen. In der Mitte verläuft eine Arterie. Ca. 55 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Epithel

Stratum proprium

Innere Längs-
muskelschicht

Aussere Ring-
muskelschicht

Faserhaut

Fettzellen

Blutgefässe

Fig. 193.

Stück eines Querschnittes durch den Ureter eines Hundes.

Ca. 110mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Samenfaden-kopf

Sertoli'sche Zelle

Blutgefäss

Samenfaden-kopf

Fettkörnchen

Spermatide

Spermatozyt

Spermatogonie

Interstitielle Zelle

Spermatogonie in Mitose

Basalmembran

Spermatozyt

Spermatogonie in Mitose

Spermatogonie in Ruhe

Die sich in Samenfäden verwandelnden Spermatiden

Samenfadenkopf

Schwänze der sich bildenden Samenfäden

Die sich in Samenfäden umwandelnden Spermatiden

Fig. 197.

Schnitt durch den Hoden einer weissen Maus.

Ca. 600 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 199.

a—g = sieben Stadien der Umwandlung einer Spermatide des Menschen in einen Samenfaden (g) halbschematisch dargestellt; h = schematische Darstellung des Baues eines reifen Samenfadens.

Erläuterung zur Figur a—f:

Zs = Zellsubstanz; K = Kern; PC = proximaler Zentralkörper; DC = distaler Zentralkörper; SF = Schwanzfaden.

Erläuterung zur Figur g und h:

Sk = Samenfadenkopf; Ekn = Endknöpfe; Vst = Verbindungsstück; Hst = Hauptstück; Est = Endstück; Af = Achsenfaden; H_I = innere Hülle; Sph = Spiralhülle; H_{II} = äussere Hülle; Ss = Schlussscheibe.

[Diese Tafel verdanke ich der Güte des Herrn Prof. Dr. Meves.]

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Cervixdrüse

Lumen der
Cervix uteri

Muskeln

Cervixdrüse

Arterie

Übergang des
mehrschichtigen
Epithels in das
einschichtige
Zylinderepithel

Kleine
lutgefässe

Kleine Blut-
gefässe

Glatte Muskeln

ornix ante-
or vaginae

Übergang des
mehrschichtigen
Epithels in das
einschichtige
Zylinderepithel

Kleine
lutgefässe

Orificium uteri
externum

Vordere
heidenwand

D. R.

Vordere Hintere
Muttermundslippe

Fig. 216.

Sagittalschnitt durch die Portio vaginalis uteri einer 28 jährigen Frau (Nullipara).

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Osteogenes Gewebe

Vergrösserte Knorpelhöhlen

Enchondraler Knochen

Periostknospe

Mit Blut gefüllte Blutgefässe

Primordialer Markraum

Perichondraler Knochen

Verkalkter Knorpel

Baracz

Fig. 223.

Aus einem Längsschnitte durch den Finger eines viermonatlichen menschlichen Embryos.

Nur die Diaphyse der zweiten Phalanx gezeichnet. Ca. 85 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 224.

Fig. 224. Aus einem Längsschnitte durch die zweite Fingerphalanx eines siebenmonatlichen menschlichen Embryo. Gefärbt mit Hämatoxylin und Pikrokarmin. Ca. 130 mal vergr.

Fig. 225.

Fig. 225. Aus einem Schnitt durch das rote Knochenmark des Kaninchens. Biondi'sche Färbung. Ca. 800 mal vergr.

Fig. 224.

Fig. 225.

J. Barącz ad nat. del.

Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg.

Fig. 229.

Stück eines quergestreiften Muskels des Kaninchens.

Blutgefässe rot injiziert. Ca. 80mal vergrössert.

Fig. 230.

Aus einem Querschnitte durch einen quergestreiften Muskel des Kaninchens.

Blutgefässe rot injiziert. Ca. 100mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 233.

Fig. 234.

Fig. 235.

Fig. 236.

Fig. 237.

Fig. 238.

Fig. 239.

Fig. 233—239.

Schnitte durch das Rückenmark des Menschen. Färbung nach der Weigert'schen Methode.

Fig. 233. Höhe des I. Zervikalnerven. — Fig. 234. Höhe des IV. Zervikalnerven. — Fig. 235. Höhe des II. Thorakalnerven. — Fig. 236. Höhe des VI. Thorakalnerven. — Fig. 237. Höhe des II. Lumbalnerven. — Fig. 238. Höhe des IV. Lumbalnerven. — Fig. 239. Höhe des II. Sakralnerven. Ca. 5 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Nerv
Septum med. post.
Fascic. gracil.
Fascic. cuneat.
Hintere Wurzel
Formatio reticularis
Hinterhorn
Seitenstrang
Lateral. hintere
Vorderhorn
Gruppe von Nervenzellen
Lateral. vordere
Medial. vordere
Fiss. med. ant.
Vorderstrang
Comm. alba
Commiss. grisea (links Zentralkanal)

Fig. 240.

Querschnitt durch das Halsmark des Menschen in der Höhe der sechsten spinalen Wurzel.

11 mal vergrössert.

Fig. 241.

Querschnitt durch das Dorsalmark des Menschen in der Höhe der elften spinalen Wurzel.

11 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Clarke'sche Säule

Fig. 242.

Querschnitt durch das Lendenmark des Menschen in der Gegend der Lendenanschwellung.

11 mal vergrössert.

Fig. 243.

Querschnitt durch das Sakralmark des Menschen.

11 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Links: Schwarz = Spinalganglienzellen, hintere Wurzeln, ihre Bifurkation und ihre in verschiedenen Gebieten der grauen Substanz endigenden Kollateralen und zwar von links nach rechts: Endigung im Hinterhorne, in der Mittelzone der grauen Substanz, im Vorderhorne, in den Clarke'schen Säulen und im gekreuzten Hinterhorne (hintere Kommissur); rot = Kollateralen der Vorderseitenstränge; lila = Kollateralen der Kommissurenzellenneuriten gelb = Endigung der Kollateralen der Pyramidenbahnen.

Pyr.-Seit.-Str.-Bahn

Kl. h. Seit.-Str.-Bahn

Anterolat. Gow.-Bünd

Pyramidenvorderstrangbahn

Rechts: Schwarz = motorische Zellen; rot = Vorderseitenstrangzellen, darunter auch je eine Zelle der Clarke'schen Säule und der Marginalzone der Rolando'schen Substanz; man beachte die ansehnlichen Kollateralzweige der Vorderstrangzellen; lila = Kommissurenzellen, eine kurze Zelle dieser Art schraffiert dargestellt (Golgi'sche Kommissurenzelle); blau = Golgi'sche Zelle; grün = Hinterstrangzellen, die kleinen stellen die Zellen der Rolando'schen Substanz dar.

Fig. 245.

Schema des Rückenmarksbaues auf dem Querschnitt nach v. Lenhossék. Links Kollateralen, rechts Nervenzellen.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 246.

Schema der Lage und Verästelung der Nervenzellen des Rückenmarkes und der Spinalganglien, sowie des gegenseitigen Verhaltens der Neurone im Rückenmarke.

SpgZ = Spinalganglienzelle; Abstf. = Absteigende Stammfaser; Aufstf. = Aufsteigende Stammfaser; Stz = Strangzelle, deren Faser im Seitenstrang verläuft; KZ = Kommissurenzelle; MZ = motorische Zelle; BZ = Binnenzelle; PVB = Faser der Pyramidenvorderstrangbahn; PSB = Faser der Pyramidenseitenstraugbahn; K = Kollateralen; T = Telodendria.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 247.

Fig. 247. Querschnitt durch das Halsrückenmark des Kalbes nach Weigert gefärbt. Es ist nur eine Hälfte der grauen mit den angrenzenden Partien der weissen Substanz dargestellt. 25 mal vergrössert.

Fig. 247.

Barq... ad nat. del.

Werner & Winter, Frankfurt a/M.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg

Fig. 257.

Fig. 256.

Fig. 253.

Fig. 251.

Fig. 252.

Fig. 254.

Fig. 250.

Fig. 255.

Kurt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg.

Kgl. Universitäts-Druckerei v. H. Stürtz, Würzburg.

Fig. 258.

Stück eines senkrechten Schnittes durch die Kleinhirnrinde des erwachsenen Menschen.

158 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 259. Schema des Baues der Kleinhirnrinde, nach Golgi'schen Präparaten entworfen, grösstenteils nach Koelliker.

P = Purkinje'sche Zellen; p = nervöse Fortsätze der Purkinje'schen Zellen mit rücklaufenden Kollateralen; Klf = Kletterfasern; Kbz = Korbzellen; Kb = Körbe, welche die Purkinje'schen Zellenkörper (P) umfassen; K = Kleine Körnerzellen, deren nervöse Fortsätze in die Molekularlage eindringen und dort im Querschnitte als feine Punktierung erscheinen; Gr K = grosse Körnerzellen; m = kleine Zellen der Molekularlage; Mf = Moosfasern; Gl_1 = Gliazellen der Molekularschicht; Gl_2 = Kurzstrahler; Gl_3 = Langstrahler.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Molekularschicht

Schicht der kleinen Pyramidenzellen

Schicht der grossen Pyramidenzellen

Schicht der polymorphen Nervenzellen

Mark

Fig. 261.

Stück eines senkrechten Schnittes der Grosshirnrinde des Menschen.

Ca. 70mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 262. Schema des Baues der Grosshirnrinde, nach Golgi'schen Präparaten entworfen, teilweise nach Stöhr.

CaZ = Cajal'sche Zelle; GZ = Zellen von Golgi'schem Typus; GZ_1 = Zellen von Golgi'schem Typus; P_1 = kleine Pyramidenzelle; P_2 = grosse Pyramidenzelle; Pm = polymorphe Zelle; Rf = Ramon'sche Faser; Gl_1 = Gliazelle der oberflächlichen Gliaschicht (Retzius'sche Zelle); Gl_2 = Kurzstrahler; Gl_3 = Langstrahler; M = Mark.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 263.

Schnitt durch die Grosshirnrinde des Kaninchens.

Die Blutgefässe sind rot injiziert. 40 mal vergrössert.

Fig. 264.

Schnitt durch die Kleinhirnrinde des Meerschweinchens.

Die Blutgefässe sind rot injiziert. 44 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 276.

Aus einem senkrechten Schnitte durch die Haut des Schweinerüssels.

Nach einem Goldpräparat. Ca. 300 mal vergrössert.

Fig. 278.

Motorische Nervenendigungen an den Fasern der Bauchmuskeln der Ratte.

In der oberen Faser sind zwei Endplatten zu sehen. Ca. 300 mal vergrössert.

Fig. 277.

Motorische Nervenendigungen in quergestreiften Muskelfasern (Bauchmuskel) der Ratte.

Ca. 170 mal vergrössert.

Fig. 279.

Motorische Nervenendigung in einer Muskelfaser des Frosches.

Eine Nervenfaser versorgt zwei Muskelfasern. Vergoldet. Ca. 300 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 282.

Epidermis.
Haarschaft.
Blutgefässe.
Talgdrüse.
M. arrector pili.
Haarwurzel.
Schweissdrüse.
Äussere Wurzelscheide.
Haarbalg.
Jnnere Wurzelscheide.
Haarzwiebel.
Haarpapille.
Fettzellen.
Corium.
Subcutis.

Fig. 283.

Str. corneum.
Stratum lucidum.
Schweissgang.
Keimschicht der Epidermis.
Str. granulosum.
Ausführungsgang der Schweissdrüse.
Blutgefässe.
Schweissdrüsenknäuel.
Fettzellen.
Panniculus adiposus.

Fig. 282. Aus einem Durchschnitte durch die menschliche Kopfhaut. Das Haar ist in der ganzen Länge getroffen. Hämatoxylin-Eosin. 55 mal vergrössert.

Fig. 283. Senkrechter Schnitt durch die Haut der Fingerbeere eines erwachsenen Menschen. Hämatoxylin-Eosin. Ca. 70 mal vergr.

Fig. 282

Fig. 283.

i

a

e

b

d

f

c

h

g

Szymonowicz. Histologie. 2. Aufl.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 285.

Fig. 286.

Fig. 285. Aus einem Flachschnitt durch die Epidermis der Fingerbeere des Menschen. — Der Schnitt wurde fast parallel zur Oberfläche der Haut, wie Fig. 284 veranschaulicht, geführt. 88 mal vergrössert.

Fig. 286. Aus einem Schnitt durch die Haut des Halux eines erwachsenen Menschen. Ca. 400 mal vergrössert.

Fig. 285.

Fig. 286.

Barącz ad nat. del.

Werner & Winter, Frankfurt a/M.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg.

Fig. 287.

Fig. 288.

Fig. 287. Querschnitt eines Haares und Haarbalges in der unteren Hälfte der Wurzel. Menschliche Kopfhaut. Hämatoxylin-Eosin. Ca. 400 mal vergr.

Fig. 288. Aus einem Längsschnitte durch die Achse des Haares und dessen Haarwurzelscheide. Menschliche Kopfhaut. Hämatoxylin-Eosin. Ca. 550 mal vergr.

Fig. 287.

Fig. 288.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg.

Fig. 297.

Fig. 297. Längsschnitt durch den Nagel und Nagelfalz des Kindes. Hämatoxylin-Pikrokarmin nach Fixirung in Flemming'scher Flüssigkeit. Ca. 60 mal vergrössert.

Fig. 297. Längsschnitt durch den Nagel und Nagelfalz des Kindes.
Hämatoxylin-Pikrokarmin nach Fixirung in Flemming'scher Flüssigkeit.
Ca. 60 mal vergrössert.

J. Baracz ad nat. del.

Szymonowicz. Histologie. 2. Aufl. Werner & Winter, Frankfurt a/M.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg.

Epidermis

Corium

Stratum sub-cutaneum

d

II

c

I

b

a

Fig. 300.

Aus einem senkrechten Schnitte durch die Haut der menschlichen Hohlhand.

Blutgefässe rot injiziert. Ca. 35 mal vergrössert.

a = Fettgewebe; b = Schweissdrüsenknäuel; c = Schweissdrüsengang; d = Papillen; I = das kutane Netz; II = das subpapilläre Netz.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Vorderes Epithel

Lamina elast. anterior

Substantia propria

Lamina elast. posterior

Hinteres Epithel

Boracz

Fig. 302.

Senkrechter Durchschnitt durch die Hornhaut des neugeborenen Kindes.

Ca. 200 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Epithel der Hornhaut
Grundschicht der Hornhaut
Lamina elastica post. (Descemeti)
Pars irid. ret.
Iris
x
Blutgefässe
Lockeres Conjunctivalbindegewebe
Proc. ciliaris
Zonula ciliaris
Meridionale
Zirkuläre
Radiäre
Fasern des M. ciliaris
Linse
Conjunctiva
Sclera
Baracz

Fig. 307.

Meridionalschnitt durch den Ziliarkörper des Affenauges.

x = Sinus venosus sclerae. Ca. 30mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg

Fig. 308. Längsschnitt durch die Eintrittsstelle des Sehnerven vom Menschen. Biondi'sche Färbung. Ca. 70 mal vergr.

Fig. 309. Senkrechter Schnitt durch die Retina des Affen. Biondi'sche Färbung. Ca. 330 mal vergr.

Fig. 309.

Fig. 308.

Szymonowicz, Histologie, 2. Aufl.

J. Baracz ad nat. del.

Werner & Winter, Frankfurt a/M

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag), Würzburg

Fig. 312.

Schema der Blutgefässverteilung im Auge mit Benützung der Darstellung Leber's (nach Stöhr) Horizontaldurchschnitt.

Arterien rot, Venen blau.

Gebiet der Vasa centralia retinae (griech. Buchstaben): α Arteria, α_1 Vena centralis retinae, γ Anastomose mit Ästen der Aa. ciliar. post. brev., δ Anastomose mit Chorioidealgefässen. Gebiet der Scheidengefässe: I. S. Innere, A. S. Äussere Scheidengefässe. Gebiet der Vasa ciliar. poster. brev. (römische Ziffern): I Arteriae, I_1 Venae ciliar. poster. brev., II Arterielle episclerale, II_1 venöse episclerale Äste derselben, III Kapillaren der Lamina chorio-capillaris. Gebiet der Vasa ciliar. post. long. (arabische Ziffern): *1* A. ciliar. post. longa, *2* Circulus iridis major, quer durchschnitten, *3* Äste zum Corpus ciliare, *4* Äste für die Iris. Gebiet der Vasa ciliar. ant. (kleine lateinische Buchstaben): a Arteria, a_1 Vena ciliar. ant., b Verbindung mit dem Circulus iridis major, c Verbindung mit der Lamina chorio-capill., d arterielle, d_1 venöse episclerale Äste, e arterielle, e_1 venöse Äste zur Conjunctiva sclerae, f arterielle, f_1 venöse Äste zum Cornealrande, V Vena vorticosa, S Querschnitt des Sinus venosus sclerae.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Hautteil

Konjunktivalteil

Epidermis

Corium

Subkutis

Haarbälge

Falten der Conjunctiva

Musc. palp. sup.

Arcus tarseus externus

Conjunctivaepithel

Akzessorische Tränendrüse

Querdurchschnittene Bündel des Musc.orbicularis palpebr.

Der erweiterte Ausführungsgang der Meibom'schen Drüse

Meibom'sche Drüse

Haarbälge der Wollhaare

Querschnitt des Arcus tarseus

Gland. ciliaris (Moll).

Ausführungsgang der Meibom'schen Drüse

Lidkante

Wimperhaare

Talgdrüse

Musc. tarsalis

Fig. 314.

Durchschnitt durch das obere Augenlid eines $2^{1}/_{2}$ jährigen Kindes.

22 mal vergrössert.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) Würzburg.

Fig. 316.

Durchschnitt durch die zweite Schneckenwindung eines Meerschweinchens.

C = das Corti'sche Organ. Ca. 95mal vergrössert

Fig. 317.

Senkrechter Durchschnitt durch das Corti'sche Organ des Meerschweinchens.

Ca. 350mal vergrössert.